

الأحياء الدقيقة وفساد الأغذية

تأليف الأستاذ الدكتور

عمرو عبد الرحمن البنا

قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية
كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

٢٠٠١

مكتبة المعارف الحديثة

شارع تاج الرؤساء سابا باشا - الإسكندرية

٢٠٠٢ - ٨٢٩٩٠٠ - ٥٤٤٥٥٥٥

مكتبة
الرؤساء
كندرية



الأحياء الدقيقة وفساد الأغذية

Microorganisms and Food Spoilage

الأستاذ الدكتور / عمرو عبد الرحمن البنا

**قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية - كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية - الشاطىء - الإسكندرية**

مكتبة المعارف الحديثة

٢٣ ش تاج الروساء سابا باشا الإسكندرية

ت : ٥٨٢٦٩٠٢ - ٥٤٤٥٥٥١

13-الأحياء الدقيقة وفساد الأغذية

Microorganisms and Food Spoilage

الاستاذ الدكتور / عمرو عبد الرحمن البنا

قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية - كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية - الشاطىء - الإسكندرية

رقم الصفحة

1	مقدمة	1 - 13
2	الوضع التقسيمى للأحياء الدقيقة	2 - 13
5	الأحياء الدقيقة الهامة فى الأغذية	3 - 13
5	البكتريا	1 - 3 - 13
9	البكتريا غير المكونة للأبواغ	1 - 1 - 3 - 13
19	البكتريا المكونة للأبواغ	2 - 1 - 3 - 13
24	مجموعات أو أقسام أخرى من البكتريا الهامة فى مجال الأغذية	3 - 1 - 3 - 13
25	الفطريات	2 - 3 - 13
26	الأعفان	1 - 2 - 3 - 13
27	طرق النكاث	1 - 1 - 2 - 3 - 13
30	أهم الصفات الفسيولوجية للأعفان	2 - 1 - 2 - 3 - 13
31	أهم أجناس الأعفان فى مجال الأغذية	3 - 1 - 2 - 3 - 13
44	الخمائر	2 - 2 - 3 - 13
45	الصفات العامة للخمائر	1 - 2 - 2 - 3 - 13
49	أهم أجناس الخمائر فى مجال الأغذية	2 - 2 - 2 - 3 - 13
54	تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة	4 - 13
54	مصادر التلوث	1 - 4 - 13
62	تأثير خطوات التصنيع التحضيرية على الفلورا الميكروبية	2 - 4 - 13

65	العوامل المؤثرة على الأحياء الدقيقة في الغذاء	5 - 13
66	العوامل الداخلية	1 - 5 - 13
66	محتوى الغذاء من المغذيات	1 - 1 - 5 - 13
68	المحتوى الرطوبي	2 - 1 - 5 - 13
71	قيمة الأس الهيدروجيني	3 - 1 - 5 - 13
73	جهد الأكسدة والاختزال	4 - 1 - 5 - 13
75	مثبطات الأحياء الدقيقة الموجودة طبيعياً في بعض الأغذية	5 - 1 - 5 - 13
76	التركييب الحيوية	6 - 1 - 5 - 13
76	العوامل الخارجية	2 - 5 - 13
76	درجة الحرارة التي يخزن عليها الغذاء	1 - 2 - 5 - 13
80	كمية الرطوبة في الجو المحيط بالغذاء	2 - 2 - 5 - 13
81	تركيب غازات الجو المحيط	3 - 2 - 5 - 13
82	طول فترة التخزين	4 - 2 - 5 - 13
82	تأثير التصلب	3 - 5 - 13
84	العوامل البيولوجية	4 - 5 - 13
84	معدل النمو	1 - 4 - 5 - 13
84	التفاعلات المتبادلة بين الأحياء الدقيقة المختلفة	2 - 4 - 5 - 13
89	التأثيرات المشتركة للعوامل المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة	5 - 5 - 13
90	فساد الأغذية	6 - 13
91	فساد الأغذية بواسطة الأحياء الدقيقة	1 - 6 - 13
108	طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة في الأغذية	7 - 13
109	تقليل أو منع وصول الأحياء الدقيقة للأغذية	1 - 7 - 13
109	إزالة الأحياء الدقيقة	2 - 7 - 13
110	تأخير وإعاقة نمو الأحياء الدقيقة	3 - 7 - 13
121	قتل أو تعطيل الأحياء الدقيقة	4 - 7 - 13
128	المراجع	8 - 13

13 - 1 مقدمة

تدهور الأغذية بدرجات متفاوتة أثناء تخزينها، ويوضح جدول رقم 13 - 1 العمر التخزيني لبعض الأغذية المخزنة على درجة حرارة 21°م (70°ف) مع ثبات باقي العوامل المؤثرة.

جدول رقم 13 - 1 : العمر التخزيني لبعض الأغذية النباتية والحيوانية على درجة حرارة 21°م (70°ف) .

المادة الغذائية	العمر التخزيني على درجة حرارة 21°م (70°ف) (بالأيام)
لحوم	1 - 2
أسماك	1 - 2
دواجن	1 - 2
أسماك أو لحوم مجففة أو مدخنة	360 وأكثر
فاكهة	1 - 7
فاكهة مجففة	360 وأكثر
خضروات ورقية	1 - 2
درنات أو محاصيل جذرية	7 - 20
بذور جافة	360 وأكثر

المصدر : Potter and Hotchkiss (1995)

وفي كثير من البلاد تكون درجة الحرارة أعلى من 21°م (70°ف) وبالتالي يقل العمر التخزيني لهذه الأغذية ويحدث فقد نسبة كبيرة من الغذاء المتاحة خاصة في البلاد النامية. ومن ثم يجب العمل على تقليل تدهور الأغذية لحفظها فترات أطول بحالة جيدة وذلك عن طريق السيطرة على العوامل المسببة لهذا التدهور.

ويرجع السبب في تدهور وفساد الأغذية لعدة عوامل وهذه العوامل قد تكون حيوية (الأحياء الدقيقة خاصة البكتريا والأعفان والخمائر - الإنزيمات - الحشرات والقوارض

والطفيليات) أو كيميائية (تفاعلات مكونات الغذاء مع بعضها البعض أو الأكسدة بواسطة الأكسجين الجوي) أو طيفية (مثل التلف الفيزيقي أو الميكانيكي للغذاء - فقد واكتساب رطوبة - تأثير درجة الحرارة - الضوء). وغالباً نجد أن هذه العوامل لا تؤثر على الأغذية منعزلة بعضها عن بعض، فمثلاً نجد أن الأحياء الدقيقة والحشرات والضوء تعمل معاً في وقت واحد لتفسد الغذاء في الحقل أو أثناء التخزين، كما أن الحرارة والرطوبة والهواء تعمل معاً في وقت واحد لتؤثر على نمو الأحياء الدقيقة وكذلك تؤثر على نشاط تفاعلات الإنزيمات الموجودة في الغذاء نفسه وأيضاً التفاعلات الكيميائية داخل الغذاء. ومن ثم فإنه قد تحدث أشكالاً مختلفة من تدهور الغذاء في نفس الوقت، ويعتمد ذلك على نوع الغذاء والظروف البيئية المحيطة، ولذلك فإن الطريقة الفعالة لحفظ غذاء ما يجب أن تقلل أو تمنع تأثير كل هذه العوامل في ذات الغذاء المراد حفظه. بيد أنه من المفيد أن تأخذ بعين الاعتبار كل عامل من هذه العوامل مستقلاً.. وفي هذا الباب سيتم إلقاء الضوء على واحد من أهم العوامل الحيوية المؤثرة على الأغذية ألا وهو الأحياء الدقيقة وسوف نتناول مناقشة ما يلي :

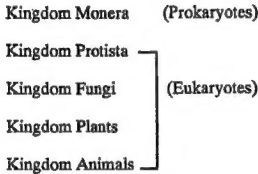
أهم الأحياء الدقيقة في الأغذية - مصادر تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة - العوامل المؤثرة على الأحياء الدقيقة - فساد الأغذية بالأحياء الدقيقة - طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة في الأغذية.

13 - 2 الوضع التقسيمي للأحياء الدقيقة

وجد المشتغلون بعلم الأحياء أن تقسيم جميع الكائنات الحية إلى قسمين هما النبات والحيوان يعتبر تقسيماً مريحاً، وما زال هذا التقسيم يعتبر كاملاً وافيّاً لتكثيرين حتى الآن.

ولكن بدراسة أشكال الحياة الموجودة على الأرض ثبت أن هذا التقسيم غير مرضى فمثلاً على الرغم من اشتراك الفطريات مع النباتات في كثير من الصفات إلا أنه توجد اختلافات بيولوجية بينهما فالفطريات لا تستطيع تصنيع غذائها من الماء وثنائي أكسيد الكربون عن طريق التمثيل الضوئي مثل النباتات بل تحتاج مواد عضوية ومنها تستخرج الطاقة اللازمة لها، كذلك فإن التركيب الخلوي يختلف في الفطريات عن النباتات وكذلك البوليمر Polymer الذي يتكون منه جدار الخلية يختلف عن ذلك الموجود في النبات إختلافاً شديداً، لذلك وضعت الفطريات في مملكة منفصلة وهي مملكة الفطريات Kingdom fungi.

وقد اقترح في نهاية القرن التاسع عشر وضع الكائنات المجهرية وحيدة الخلية في مملكة منفصلة أطلق عليها بروتستا Kingdom Protista . وخلال القرن العشرين حدث تقدم في الدراسات المجهرية خاصة المجهر الإلكتروني مما ساعد في دراسة التركيبات دون الخلوية Subcellular بالتفصيل مما أدى لاقتراح فصل مملكة البروتستا إلى مملكتين : الأولى تشمل الكائنات الأولية مثل البكتيريا والتي تفتقر لوجود غشاء نوى مميز وسميت بروكاريوت Prokaryotes وقد اشتق هذا الاسم من كلمتين يونانيتين هما Pro وتعني قبل karyon وتعني نواة وأطلق أسم مونييرا على هذه المملكة Kingdom Monera وهذه اللفظة مشتقة من الكلمة اللاتينية Monera والتي تعني جديد. أما المملكة الثانية فظلت محتفظة بأسم بروتستا وهي تتبع الكائنات التي لها نواة حقيقية eukaryotes والأسم مشتق من الكلمتين اليونانيتين - eu وتعني حقيقى و Karyon وتعني نواة. ومن ثم فإنه يوجد الآن خمس ممالك للكائنات الحية وهي:



ويوضح الجدول رقم 13 - 2 أهم الصفات المميزة لهذه الممالك الخمس.

ولما كان علم الأحياء الدقيقة (الكائنات الحية الدقيقة هي تلك الكائنات التي لها قطر أقل من 0.1 مم ولا ترى بالعين المجردة) هو عبارة عن دراسة صور الحياة المجهرية فإن ذلك يشمل دراسة مملكة Monera - Protista - الفطريات المجهرية microscopic fungi (تشمل الأعفان والخمائر) وهي تتبع مملكة الفطريات وذلك بالإضافة لدراسة الفيروسات التي تتطفل على كل من النباتات والحيوانات والبكتيريا. وفي هذا الباب سوف يقتصر الحديث على الأحياء الدقيقة الهامة في الأغذية وهي البكتيريا والأعفان والخمائر.

جدول رقم 13 - 2 : أهم الصفات المميزة للممالك الخمس من الأحياء

الكائنات ذات النواة الحقيقية Eukaryotes				الكائنات ذات النواة غير مكتملة النمو Prokaryotes	أهم الصفات
Animals الحيوانات	Plants النباتات	Fungi الفطريات	Protista بروتستا	Monera مونييرا	
+	+	+	-	-	عديدة الخلايا
+	+	+	+	-	غشاء حلزوي للنواة
-	-	-	-	+	المادة النووية موجودة في صورة DNA عاري
+	+	+	+	-	المصنعات محددة بغشاء يفصلها عن السيتوبلازم
-	³ +	² +	±	¹ +	وجود جدار خلوي
-	+	-	±	±	ذاتية التغذية
+	-	+	±	±	غير ذاتية التغذية
-	+	-	±	-	وجود بلاستيدات ملونة
+	+	+	+	⁴ -	وجود ميتوكوندريا
⁵ +	⁶ +	⁷ +	⁸ +	⁹ +	وجود ريبوسومات
به تقسام ميوزي وميوزي				لا يشمل تقسام ميوزي أو ميوزي	التكاثر الجنسي
الحيوانات	النباتات الراقية	الأعفن والفطر	البروتستا والإيروجليا	البكتيريا والسيتوبكتيريا	أمثلة
- = لا + = نعم ± = البعض					

- 1- يتكون أساساً من بيبيدو جلوكان وأحياناً من بوليمرات أخرى.
- 2- يتكون أساساً من الشيتين Chitin .
- 3- يتكون أساساً من السليلوز.
- 4- النظام التنفسي موجود في الغشاء البلازمي.
- 5- ريبوسومات صغيرة .
- 6- ريبوسومات كبيرة في السيتوبلازم وأصغر في الميتوكوندريا والبلاستيدات (إن وجدت) .
- 7- ريبوسومات كبيرة في السيتوبلازم وأصغر في الميتوكوندريا .
- 8- ريبوسومات كبيرة في السيتوبلازم وأصغر في الميتوكوندريا والبلاستيدات .
- 9- ريبوسومات كبيرة في السيتوبلازم وأصغر في الميتوكوندريا .

المصدر : معدل عن Heritage et al. (1996)

13 - 3 الأحياء الدقيقة الهامة في الأغذية :

تتوقف أهمية الأحياء الدقيقة في الأغذية على عدة عوامل أهمها : عدد ونوع الأحياء الدقيقة الموجودة - نوع الغذاء - المعاملات التي تعرض لها الغذاء - المعاملات أو ظروف التخزين التي سوف يتعرض لها الغذاء - تسخين الطعام قبل تناوله - الأشخاص الذين سوف يتناولون الطعام.

وقد تقوم الأحياء الدقيقة بواحد أو أكثر من الوظائف الأربع التالية : تحدث تغيرات غير مرغوبة - تسبب خطورة على صحة الإنسان - تحدث تغيرات مرغوبة - تكون خاملة. حيث قد يكون الغذاء بيئة غير مناسبة لنمو الميكروبات وبالتالي تظل خاملة دون نمو أو تكاثر، أما إذا كان الغذاء بيئة مناسبة لنمو الميكروبات فإنها تلمو وتكاثر ونتيجة لذلك تحدث تغيرات غير مرغوبة (فساد الأغذية) أو قد تشكل خطورة على صحة الإنسان (التسمم الغذائي) أو تحدث تغيرات مرغوبة (مجال الصناعات الميكروبية). وسوف يقتصر حديثنا عن الكائنات الحية الدقيقة في الأغذية على البكتريا والفطريات المجهرية (الأعفان والخمائر)، وقد أوضح التحليل الميكروبيولوجي للأغذية وجود العديد من البكتريا والأعفان والخمائر ولكننا سوف نهتم بالسائد منها والذي يسبب فساد الغذاء أو يكون مسبباً للتسمم الغذائي.

13 - 3 - 1 البكتيريا Bacteria

كلمة بكتريا bacteria (المفرد : بكتيريوم bacterium) مشتقة من الكلمة اليونانية bacterion وتعني عصا صغيرة، وطبعاً هذا لا يعنى أن أشكال البكتريا تكون عصرية فقط بل يوجد ثلاثة أشكال رئيسية للبكتريا هي الكروي cocci والعصوى bacilli والحلزوني spiral كما توجد أشكال أخرى مثل العصويات المنحنية vibrios والقصية تعكس الحركة الإهتزازية vibrational motility لهذه البكتريا كذلك يمكن عن طريق المجهر الإلكتروني التعرف على الشكل العصوى الكروي coccobacilli، كما توجد بكتريا لها أشكال متعددة pleomorphic bacteria مثل أفراد الجنس *Corynebacterium*، كما لوحظ أن تغير الشكل قد يرجع للظروف البيئية فمثلاً الجنس *Rhizobium* تكون خلاياه منتظمة الشكل إذا نمت في بيئة صناعية أما إذا تم مشاهدة نفس البكتريا في تجمعات مجهرية للعقد الجذرية root nodules للنباتات التي تثبت النيتروجين نجد أنها ذات شكل غير منتظم وتسمى بكتيريودات bacteroides وتتراوح أطوال البكتريا من 0.1 إلى 10 ميكرومتر وإن كانت بعض

البكتريا الحارونية قد تصل إلى 100 ميكرومتر في الطول ولكن معظم البكتريا تكون أطوالها أقل من 5 ميكرومتر. ويوضح الشكل رقم 13 - 1 أهم أشكال الخلايا البكتيرية.

وعند تكاثر البكتريا (بالانقسام الثنائي) ينتج عن ذلك تجمعات متعددة، فنجد أن البكتريا الكروية عندما تنقسم في مستوى واحد تنتج تجمعات على شكل أزواج أو سلاسل مثل بعض أنواع الجنس *Streptococcus* وعندما تنقسم في مستويين متعامدين فالتجمع الناتج يكون في صورة رباعيات كروية *tetrads* وإذا حدث الانقسام في ثلاثة مستويات متعامدة تتكون كتل مكعبات مثل الجنس *Sarcina* وفي حالة الانقسام في أى مستوى تتكون تجمعات تشبه الحناقيد *clusters* مثل الجنس *Staphylococcus* (شكل رقم 13 - 1).

أما التجمعات الناتجة من البكتريا العصوية فإنها قد تكون في صورة سلاسل طويلة إذا اصطفت الخلايا على طول المحور الطويل كما في النوع *Bacillus anthracis* أو قد تصطف للخلايا موازية لمحورها الأصلي كما في الجنس *Corynebacterium* وقد أطلق على هذا التجمع اسم باليساد *palisade* والبعض أطلق عليه اسم الحروف الصينية *Chinese letters* أما الجنس *Streptomyces* فإنه يكون هيفات دقيقة تشبه هيفات الأعفان (شكل رقم 13 - 1). والجدير بالذكر أن البكتريا الموجودة في تجمعات تكون أكثر مقاومة للحرارة بالمقارنة بالخلايا المفردة.



بكتريا حارونية.



بكتريا عصوية بأحجام مختلفة



بكتريا كروية فردية وتجمعات على شكل أزواج وسلاسل (a) ورباعيات (b) ومكعبات (c).

شكل رقم 13 - 1 : بعض أشكال الخلايا البكتيرية وتجمعاتها
المصدر : Banwart (1989) - Heritage et al. (1996)



Streptococcus pneumoniae
(كروية في أزواج)



البكتيريوليت الخاصة بالبكتريا
Rhizobium trifolii



Vibrio cholerae
(عصويات منحنية)



Bacillus anthracis
(عصويات في سلاسل طويلة)



Staphylococcus aureus
(كروية في صورة عناقيد)



Streptococcus pyogenes
(كروية في أزواج وسلاسل)



Streptomyces viridochromogenes
(خيّفات)



Corynebacterium diphtheriae
(الحروف الصينية)

تابع شكل رقم 1 - 13 : بعض أشكال الخلايا البكتيرية وتجمعاتها
المصدر : Banwart (1989) - Heritage et al. (1996)

تتكون بعض التراكيب التي تميز بعض أنواع البكتيريا من حيث الشكل الظاهري فبعض الأنواع تكون سياطاً *flagella* تستخدم في الحركة والبعض الآخر يكون غلافاً *capsule* وعادة ما يتكون من عديد السكار أو دكسترين أو دكستران أو ليفان *levan* . ويعتبر الغلاف كمخزن للمغذيات للخلية البكتيرية .. أما في مجال الأغذية فإن وجود الغلاف يسبب لزوجة *sliminess* أو غروية وأيضاً يزيد من مقاومة خلايا البكتيريا للمعاملات الحرارية وبعض الأنواع البكتيرية تكون أبواغاً تسمى بالأبواغ الداخلية *endospores* وذلك مثل الجنس *Bacillus* والجنس *Clostridium* والأبواغ أكثر مقاومة للظروف البيئية من الخلايا الخضرية وتظل الأبواغ كاملة لفترة طويلة حتى تتوفر الظروف البيئية المناسبة فتنبثق وتخرج الخلية الخضرية ويوضح شكل رقم 13 - 2 بعض التراكيب المختلفة في البكتيريا .



بكتريا لها غلاف

بكتريا مكونة للأبواغ الداخلية

بكتريا لها سياط

شكل رقم 13 - 2 : بعض التراكيب المختلفة في البكتيريا

المصدر : (Banwart 1989)

وفيما يلي عرض لأهم الأجناس البكتيرية مقسمة إلى مجموعات أو أقسام *Sections* حسب تفاعلها مع صبغة جرام واحتياجها للهواء وشكلها الظاهري وتكوين الأبواغ وذلك طبقاً للتقسيم للحديث المتبع في الطبعة التاسعة للمرجع *Bergey's Manual of Syst. Bact.*

والذى ظهر فى أربعة مجلدات volumes (الأول عام 1984 والثانى عام 1986 والثالث والرابع عام 1989) حيث تم تقسيم البكتريا إلى 33 مجموعة أو قسما section. وقد رعى فى التقسيم المتبع فى هذا الباب ترتيب الأجناس التابعة لكل مجموعة أو قسم section أبجدياً مع كتابة رقم بين قوسين بجوار كل مجموعة (بجوار الاسم الخاص بكل مجموعة باللغة الإنجليزية) يدل على رقم القسم فى المرجع المشار إليه سالفاً. والجدير بالذكر أن البكتريا الهامة فى مجال الأغذية تقع فى عشر أقسام أو مجموعات فقط (أرقام 2، 4، 5، 6، 12، 13، 14، 15، 16، 29) وفيما يلى عرض لهذه المجموعات section وأهم الأجناس التابعة لكل مجموعة.

13 - 3 - 1 البكتريا غير المكونة للأبواغ

أولاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام الهوائية العنصية والكروية

Gram - Negative Aerobic Rods and Cocci (section 4)

وفيما يلى عرض موجز للأجناس الهامة فى مجال الأغذية التابعة لهذا القسم:

1 - *Acetobacter*

عنصريات مستقيمة أو منحنية قليلاً والخلايا صغيرة العمر تكون سالبة لصبغة جرام بينما خلايا المزارع القديمة تغطى تفاعلاً متبايناً مع صبغة جرام. قد تكون متحركة بواسطة سباط محيطية بالخلية أو غير متحركة. تتميز بقدرتها على أكسدة الكحول إلى حامض خليك. تتواجد فى الخضروات والفاكهة وتشارك فى حموضة عصائر الفاكهة.

2 - *Alcaligenes*

عنصريات - عصويات كروية - كرويات متحركة بواسطة أربعة إلى ثمانية سباط محيطية بالخلية، موجبة لاختبار الأوكسيديز ومنتشرة فى الطبيعة. من اسمها يمكن الاستدلال على وجود تفاعل قوى يحدث فى البيئة. تشارك فى فساد الأغذية البروتينية مثل البيض ومنتجات الألبان، ولكن ليس لها نشاط بروتينوليتى فى بيئات التكاثر والجلياتين.

Alteromonas - 3

تم حديثاً تصنيف عدة أنواع تابعة للجنس *Pseudomonas* على أنها تابعة للجنس *Alteromonas* وهي كائنات شائعة في البيئة البحرية، متحركة بواسطة سياط طرفية تتواجد على الأسماك وتسبب فسادها كما تم عزلها من اللحم المفروم.

Brucella - 4

عصويات قصيرة غير متحركة بعض أنواعها تسبب أمراضاً للحيوانات المختلفة وأيضاً تعتبر ممرضة للإنسان حيث تسبب الحمى المتعرجة (undulant fever). وينتقل المرض من الإنسان الحامل للميكروب أو الحيوان خلال بعض الأغذية مثل اللبن اللخام ومنتجات الألبان غير المعاملة حرارياً واللحم غير المطبوخ ومنتجات السجق. ومعظم حالات المرض تنحصر في العاملين في مصانع تعبئة اللحوم ومرضى الحيوانات أو البيطريين ومفتشي الأغذية.

Flavobacterium - 5

تشمل أنواع هذا الجنس عصويات غير متحركة تنتج أصباغاً صفراء أو برتقالية أو صفراء مخضرة وتؤثر العوامل البيئية (درجة الحرارة ونوع الغذاء الذي تنمو عليه هذه الأنواع) على تخليق ولون هذه الصبغات. تنمو أفراد هذا الجنس على درجات حرارة أقل من 30°م (86°ف) إلا أن بعض السلالات يمكنها النمو على 37°م (99°ف). أمكن عزل أنواع من هذا الجنس من الماء والتربة والحيوانات والإنسان ومنتجات متنوعة من الأغذية ويمكن لهذه الأنواع أن تسبب فساد لون بعض الأغذية. وجدت هذه الكائنات على الخضروات المجمدة بعد تليقها وعلى الخضروات الطازجة والأسماك المبردة والحيوانات الصدفية لملحية واللحوم ومنتجاتها والدولجن والبيض.

Gluconobacter - 6

يمثل هذا الجنس النوع *G. oxydans* وتتولد خلاياه العنوية مفردة أو في أزواج أو سلاسل، ويؤكسد الإيثانول إلى حامض خليك. يتواجد في كثير من الأغذية مثل الخضروات، الفاكهة، خميرة الخباز، للخل ويشارك في فساد الفاكهة حيث يسبب حموضتها.

7 - *Halobacterium*

تحتاج هذه البكتريا إلى تركيزات عالية من الملح (15 ٪) لكي تنمو ولذلك فهي محبة للملوحة إجباراً *obligate halophiles* ولا تستطيع النمو على معظم الأغذية نظراً لاحتياجها لوسط به ملوحة مرتفعة، ولكن يمكنها النمو في الأغذية المحفوظة بالتمليح فتحدث تغيراً غير مرغوب في لون هذه الأغذية - نظراً لإنتاجها صبغات حمراء - والجدير بالذكر أن تركيز الملح المنخفض يسبب في تغيير شكل أفراد هذا الجنس من المعصوى إلى الكروى.

8 - *Pseudomonas*

عصويات مستقيمة أو منحنية متحركة بواسطة سياط طرفية، وهذه البكتريا لها نشاط كيميوجيوى مميز حيث يمكنها مهاجمة مركبات متنوعة من المواد العضوية بما في ذلك المركبات الأروماتية؛ ولها القدرة على بناء الفيتامينات وعوامل النمو اللازمة لها، وبعض الأنواع مثل *P. aeruginosa* يمكنه النمو في الماء المقطر. تلتج هذه البكتيريا أنزيمات الكتالاز والأوكسيداز بالإضافة لإنتاجها للإنزيمات المحللة للبروتين والمحللة للدهون والتي تؤدي لفساد الأغذية خاصة الأغذية الحيوانية المبردة، والبعض من أفراد هذا الجنس يمكنه إنتاج الإنزيمات المحللة للبكتين والتي تسبب التمعن الطرى في بعض الخضروات. تحتاج نشاط ماء (A_w) مرتفعاً (0.97 إلى 0.98) ولا يمكنها النمو على درجة حرارة أعلى من 43°م (109°ف).

بعض أنواع هذا الجنس ينتج أصباغ فلورسنتية ذائبة في الماء (*pyoverdine* or *fluorescein*) ويمكن مشاهدة هذه الأصباغ على الأغذية الفاسدة باستخدام ضوء الأشعة فوق البنفسجية وعادة تكون خضراء - صفراء ولكنها قد تظهر باللون الأزرق أو البرتقالى ويعتمد ذلك على النوع *species* والعوامل البيئية.

النوع *P. aeruginosa* يسبب تسمماً غذائياً والنوع *P. cocovenenans* يسبب تسمماً غذائياً غير تقليدى حيث ينتج ذيفانين (سمين) لهما وزن جزيئى منخفض (*toxoflavin* , *bokrekic acid*).

أفراد هذا الجنس واسعة الانتشار في الطبيعة وتكوجد على المنتجات الحيوانية والنباتية

ويعتقد أن الخضروات الخام تعتبر بمثابة مصدر هام لانتقال هذه الميكروبات إلى القناة الهضمية للإنسان. الأنواع التي يمكنها النمو على درجات الحرارة المنخفضة psychrotrophes وجدت على معظم الأغذية المبردة والمجمدة وحيث أن هذه البكتيريا غير مقاومة للحرارة فإنها لا تتواجد في الأغذية المعاملة حرارياً إلا إذا تلوثت هذه الأغذية بعد المعاملة الحرارية كذلك فإن هذه البكتيريا غير مقاومة للتجفيف وأيضاً حساسة لأشعة جاما.

ثانياً : البكتيريا السالبة لصبغة جرام اللاهوائية اختياريًا العصوية

Facultatively Anaerobic Gram - Negative Rods (section 5)

تضم هذه المجموعة عدة أجناس هامة في مجال الأغذية البعض منها تتبع عائلة *Enterobacteriaceae* وأهم هذه الأجناس ما يلي : *Enterobacter - Citrobacter - Yersinia - Shigella*. والبعض منها يتبع عائلة *Vibrionaceae* وأهم أجناسها *Vibrio - Aeromonas*. وفيما يلي نبذة مختصرة عن كل جنس من هذه الأجناس:

1 - *Aeromonas*

خلايا هذا الجنس عصوية ونهايتي الخلية دائرية *rounded ends* والخلايا متحركة بواسطة سياط طرفية، موجبة لاختبار الكتاليز و لاختبار الأوكسيداز ولها القدرة على اختزال النيترات والاختباران الأخيران يميزا هذا الجنس عن عائلة *Enterobacteriaceae*. عزلت أفراد هذا الجنس من البيئة المائية وتتلجد في الأسماك والمنتجات البحرية الأخرى وقد تلعب دوراً في فساد الأسماك كما أن بعض أنواع هذا الجنس يسبب التسمم الغذائي للإنسان، درجة الحرارة المثلى لنموه 22° م إلى 28° م (72 - 82° ف).

2 - *Citrobacter*

عصويات متحركة (بواسطة سياط محيطية بالخلية) تستهلك السكريات كمصدر وحيد للكربون وتخمر اللاكتوز. تتواجد في كثير من الأغذية خاصة الأغذية الحيوانية وهي أحد أفراد مجموعة القولون التي تستخدم كميكروبات دالة وتسبب فساد بعض الأغذية.

3 - *Enterobacter*

أفراده تشابه أفراد الجنس *Klebsiella* غير أنها متحركة (بواسطة سياط محيطية بالخلية) تتواجد في التربة والماء والمجاري وأمعاء الإنسان والحيوان وفي منتجات أغذية متنوعة.

4 - *Erwinia*

عصويات مستقيمة صغيرة عادة مفردة وعادة متحركة (بواسطة سياط محيطية بالخلية). تحدث فساد الخضروات المخزنة والنوع *E. carotovora* يسبب مرض التعفن الطرى البكتيري وتحت النوع *E. carotovora subsp. atroseptica* يسبب التعفن الأسود للبطاطس.

5 - *Escherichia*

يوجد نوع واحد هام وهو *E. coli* وأفراده متحركة أو غير متحركة ومعظم السلالات مخمرة للاكتوز. لها القدرة على إنتاج الإندول (I) من التربتوفان وتنتج حامضاً فتمطى اختباراً موجباً مع أحمر الميثايل (M) ولا تكون أسيتيل ميثيل كريبينول لاختبار فوجس بروسكر (Vi) ولا تستهلك السكرات (C) وإذ ذلك فإن نتائج اختبارها مع تلك الاختبارات التي يرمز لها بالرموز $C \quad Vi \quad M \quad I$ تكون على الترتيب $++ - -$. وهذه البكتريا غير مقارومة للحرارة وبالتالي فإن وجودها في الأغذية للمعاملة حرارياً بمعنى إعادة التلوث بعد المعاملة الحرارية وإذا نمت هذه البكتريا وتكاثرت في الأغذية فإنها تسبب فسادها ويرجع ذلك لقدرتها على استهلاك معظم المواد الكربوهيدراتية منتجة غاز وحامض مما يسبب تغير رائحة ونكهة الغذاء. وبعض سلالاتها تسبب التسمم الغذائي للإنسان وقد اكتشف أربعة أنواع من التسمم الغذائي بواسطة السلالات المختلفة. تتواجد بكتريا *E. coli* في التربة والماء وعلى النباتات وفي الأمعاء وفي أغذية متنوعة.

6 - *Klebsiella*

عصويات غير متحركة تتواجد مفردة أو في سلاسل قصيرة. الكثير من أفراد هذا الجنس يكون غلافياً. تتواجد في الماء والمجاري والتربة وهي جزء من فلورا الفم والبلعوم

والقناة المعوية وتتراجد على الحبوب والأغذية المجمدة. كما تحدث فساداً لبعض الأغذية .
بعض أفراد هذا الجنس قد يسبب أمراضاً للإنسان مثل الالتهاب الرئوى وتسبب للجزء
الأعلى من القناة التنفسية respiratory tract .

وهذا الجنس هو أحد أفراد مجموعة القولون التى تستخدم ككائنات حية دقيقة
دالة indicator microorganisms .

7 - *Proteus*

عصريات متحركة بدرجة عالية (بواسطة سياط محيطية بالخلية)، تتواجد مفردة أو فى
أزواج أو سلاسل قصيرة، وهى واسعة الانتشار وتتواجد فى التربة والمجارى والمعدة والأمعاء
والبروتينات الحيوانية المتحللة كما تتواجد فى أغذية متنوعة، وتحدث فساداً لبعض الأغذية
مثل اللحوم والأغذية البحرية والبيض، وإذا تواجدت بأعداد ضخمة فى الأغذية غير المبردة
فإن ذلك قد يؤدى لحدوث تسمم غذائى.

8 - *Salmonella*

يوجد حوالى 2000 طراز سرىولوجى تابع لهذا الجنس ومعظم أفرادها متحركة (بواسطة
سياط محيطية بالخلية)، لا تخمر اللاكتوز أو السكروز موجبة لاختبار الكتاليز وسالبة لاختبار
الأوكسيديز. تتواجد هذه البكتريا فى وعلى التربة والماء والمجارى والحيوان والإنسان وأجهزة
التصنيع والملائق الحيوانية ومنتجات غذائية متنوعة. بعض أفراد هذا الجنس يسبب أمراضاً
للإنسان مثل التيفود والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً.

9 - *Serratia*

عصريات محبة لدرجة الحرارة المتوسطة متحركة (بواسطة سياط محيطية بالخلية) من
أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع *S. marcescens* الذى ينتج صبغات حمراء وبالنسبة
يسبب فساد لون الأغذية.

10 - *Shigella*

عصريات غير متحركة تتواجد فى أمعاء الإنسان، بعض أنواع هذا الجنس يسبب تسمماً
غذائياً.

11 - *Vibrio*

عصويات مستقيمة أو منحنية قصيرة متحركة، بعض السلالات لا يمكنها النمو بدون كلوريد صوديوم في البيئة وتركيز 3% من هذا الملح يعتبر التركيز الأمثل للنمو، وبعضها تحتاج إلى تركيزات متوسطة من الملح لنموها *moderately halophiles*. تنتشر أفراد هذا الجنس في المياه العذبة والمالحة والدرية والقناة الهضمية للإنسان والحيوان. وبعض الأنواع يسبب أمراضاً للإنسان مثل *V. cholerae* المسبب لمرض الكوليرا والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً مثل *V. parahaemolyticus*.

12 - *Yersinia*

عصويات متحركة أو غير متحركة ليس لها القدرة على تخمير سكر اللاكتوز خلال 48 ساعة. تنمو على درجات حرارة تتراوح بين 4°م (39°ف) إلى 37°م (99°ف). من أهم صفات هذه البكتيريا قدرتها على النمو على درجات حرارة التبريد وتبقى حية أثناء التجميد. يسبب النوع *Y. enterocolitica* تسمماً غذائياً. عزلت هذه البكتيريا من الكثير من الأغذية مثل اللحوم والأسماك والحيوانات الصدفية المائية والدجاج والبن ومنتجاته خاصة المثلجات اللبنية ice cream وماء الشرب كما تتواجد في الغدد الليمفاوية والقناة الهضمية للحيوانات والإنسان غير المريض.

ثالثاً : البكتيريا المائية لصبغة جرام الهوائية / المحبة للقليل من الأكسجين المتحركة الطزونية / الواوية الشكل

Aerobic / Microaerophilic, Motile, Helical / Vibrioid Gram - Negative Bacteria (section 2)

يوجد جنس واحد فقط من هذه المجموعة هام في مجال الأغذية وهو الجنس *Campylobacter*. أفراد هذا الجنس موجبة لاختبار الأوكسيداز بها سوط وحيد طرفي singular polar flagellum على أحد نهايتي أو على كل من نهايتي الخلية، الخلايا متحركة وحركتها لولبية تشبه حركة نازعة السدادات للفلينية cork screw motion، محبة للقليل من الهواء. أهم أنواع هذا الجنس هو النوع *C. jejuni* الذي يتواجد في أو على

المنتجات الحيوانية ويسبب تسمماً غذائياً للإنسان.

رابعاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام اللاهوائية العصوية المستقيمة والمتحنية والحلزونية

Anaerobic Gram - Negative Straight, Curved and Helical Rods (section 6)

أهم أفراد هذه المجموعة هو الجنس *Bacteroides* . أفراد هذا الجنس عصويات مستقيمة غير متحركة ولا تحدث تغيرات في الأغذية ولكنها تتواجد في البراز بكميات كبيرة وتأتي أهميتها في استخدامها كدليل على تلوث الأغذية والماء بالبراز.

خامساً : البكتريا الموجبة لصبغة جرام الكروية

Gram - positive Cocci (section 12)

تضم هذه المجموعة خمسة أجناس هامة في مجال الأغذية وفيما يلي نبذة مختصرة عن هذه الأجناس:

1 - *Leconostoc*

هذه البكتريا لها متطلبات غذائية معقدة فهي تحتاج لنموها للنيامينات والأحماض الأمينية والكربوهيدرات القابلة للتخمر. تخمر أفراد هذا الجنس الجلوكوز ونواتج التخمر الرئيسية تكون حامض لاكتيك بالإضافة لكحول الإيثانول وثاني أكسيد الكربون لذا تسمى مختلطة التخمر heterofermentative . ومما يميز بعض أنواع هذا الجنس قدرتها على تحمل تركيزات من الملح كتلك الموجودة في الخمضرات المملحة وبعض الأنواع الأخرى تتحمل تركيزات عالية من السكر تصل إلى 55 % إلى 60 %.

من أهم الأنواع *L. mesenteroides* , *L. mesenteroides* subsp. *dextranicum* وهما لهما القدرة على إنتاج دكستريانات وطبعاً هذا يسبب لزوجة في المحاليل السكرية ويسبب مشاكل في صناعة السكر، وبعض السلالات تسبب عيوباً في نكهة مركبات البرتقال. ومن ناحية أخرى تستخدم بعض أنواع هذا الجنس كبداي في بعض الصناعات الميكروبية مثل الخمضرات المملحة ومثلجات الألبان.

2 - *Micrococcus*

كرويات هوائية إجباراً موجبة لاختبار الكتاليز تتواجد مفردة أو فى أزواج تتكاثر فى أكثر من مستوى واحد لتكون كتلاً غير منتظمة أو مكعبات ويمكنها النمو فى وجود تركيز 5% ملح. تتواجد فى التربة والماء وعلى جلد الإنسان وفى الكثير من الأغذية خاصة اللبن ومنتجات الألبان و الذبائح الحيوانية ومنتجات اللحوم. وهى تسبب فساد بعض الأغذية وبعض الأنواع منتج للصبغات.

كما سجل التشابه الكبير بين هذا للجنس وبين المرحلة الكروية cocoid stage للجنس *Arthrobacter* أكثر من التشابه مع *Staphylococcus* وبعض الكرويات الموجبة لجرام الأخرى وأنه يجب أن يوضع مع الجنس *Arthrobacter* فى نفس العائلة.

3 - *Pediococcus*

تتواجد هذه البكتريا فى أزواج أو سلاسل قصيرة أو رباعيات tetrads أى يحدث الانقسام فى مستويين. سالبة لاختبار الكتاليز وتحتاج لقليل من الهواء متجانسة التخمر homofermentative ولها متطلبات غذائية معقدة (فيتامينات وأحماض أمينية)، مقاومة للملوحة حيث تنمو جيداً فى تركيز 5.5% من الملح ولكن تنمو بدرجة قليلة فى وجود تركيز 10% ملح؛ تنمو فى مدى من درجات الحرارة يتراوح بين 7° إلى 45° م (45 - 113° ف) تتواجد فى المخلات وبعض الأغذية المتخمرة الأخرى.

4 - *Staphylococcus*

تتواجد هذه الخلايا غير المتحركة مفردة أو فى أزواج أو تجمعات غير منتظمة أو تجمعات تشبه عناقيد العنب وهى لاهوائية اختياراً ولها نظام تغذية تنفسى وتخمري ومعظم السلالات يمكنها النمو فى وجود تركيز من الملح يتراوح من 7.5 إلى 15%. وهى عادة حساسة للحرارة ومتوسطة المقاومة للإشعاع. تتواجد فى الكثير من المنتجات الغذائية وليس لها قدرة عالية على التنافس مع باقى الأحياء الدقيقة. من أهم أنواعها *S. aureus* الذى يسبب تسمماً غذائياً للإنسان.

Streptococcus - 5

توجد هذه البكتيريا في أزواج أو سلاسل قصيرة أو طويلة، لا هوائية اختياريًا، سالبة لاختبار الكاتاليز وبالتالي يحدث تجمع لفرق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، تخمر الجلوكوز منتجة حامض لاكتيك بصفة رئيسية لذا تسمى متجانسة التخمر homofermentative. وتخمر الكربوهيدرات إلى حامض لاكتيك يعتبر مرغوباً في بعض المنتجات مثل اللبن المخيض buter milk واللبن والياغورت (الزبادي) والكرب المخلل saurkraut وخلافه .. ولكنه يسبب فساداً لبعض الأغذية مثل اللبن الطازج. بعض أنواع هذا الجنس يعتبر عاملاً مسبباً للتسمم الغذائي والبعض الآخر يسبب أمراضاً أخرى للإنسان.

يقسم الجنس على أساس سرولوجي بواسطة تفاعل الجسم للمقاوم المرسب precipitin reaction إلى مجاميع لانسفيلد Lancefield groups وتأخذ الحروف A, B, C, D .. وهكذا ولكن عادة ما تقسم البكتيريا التابعة لهذا الجنس ونات الأهمية في مجال الأغذية إلى أربع مجموعات:

أ - Pyogenic وهي تلك المنتجة للصديد pus producing وهذه لا تنمو على 10 °م أو 45 °م (50 أو 113 °ف) والأنواع التابعة لهذه المجموعة تسبب أمراضاً للإنسان مثل النوع *S. pneumoniae* الذي يسبب الالتهاب الرئوي والنوع *S. pyogenes* الذي يسبب التهاب الزور والحمى القرمزية، وبعض سلالات هذا النوع تسبب تسمماً غذائياً .. وهذا النوع يتبع مجموعة A من مجاميع لانسفيلد.

ب - Viridans وهي تلك المجموعة الهامة في اللبن والزيادي وهذه تنمو على 45 °م (113 °ف) ولا تنمو على 10 °م (50 °ف) وهي مقاومة للحرارة مثل *S. thermophilus*.

ج - Lactic تشمل بكتيريا اللبن وتنمو على 10 °م (50 °ف) وليس 45 °م (113 °ف)، من أهم أنواعها *S. lactis* التي تستخدم كبدائى في صناعة اللبن واللبن المخيض ولكنها تسبب حموضة اللبن الخام. والجدير بالذكر أن النوع *S. lactis* أصبح الآن ضمن أفراد الجنس *Lactococcus* والأخير يضم جميع أفراد الجنس *Streptococcus* التابعة لمجموعة N من مجاميع لانسفيلد.

د - Enterococci وقد اقترح بعض الباحثين وضع هذه المجموعة تبع الجنس *Enterococcus* وأهم أفراد هذه المجموعة النوع *Enterococcus faecalis* المعروف سابقاً باسم *Streptococcus faecalis* وهذا النوع يتبع مجموعة D من مجاميع لانسفيلد، ومن سلالات هذا النوع ما يسبب أمراضاً للإنسان ومنها ما يسبب تسمماً غذائياً للإنسان. ومجموعة enterococci يمكنها النمو على 10°م (50°ف) و 45°م (113°ف).

تنتشر البكتريا التابعة للجنس *Streptococcus* انتشاراً واسعاً حيث توجد في الهواء والماء والمجاري والتربة وعلى النباتات وفي أمعاء الإنسان والحيوان وفي منتجات غذائية متنوعة.

سادساً : البكتريا الموجبة لصيغة جرام العسوية المنتظمة غير المكونة للأبواغ (section 14) Gram - Positive Rode (section 14) Regular, Nonsporing,

وتضم ثلاثة أجناس هامة في مجال الأغذية هي :

1- *Brochotrix*

هذه البكتريا تكون سلاسل خيطية طويلة، لا هوائية اختياريًا، سيكروثروفية ودرجة الحرارة المثلى للنمو 20 - 25°م (68 - 77°ف) ولكنها تنمو في مدى من درجات الحرارة يتراوح بين صفر إلى 45°م (32 - 113°ف) ويعتمد ذلك على السلالة، تنمو في مدى واسع من pH (5 - 9) وفي وجود تركيز ملح طعام من 6.5 إلى 10 %، تتحمل معاملة حرارية خمس دقائق على 63°م (145°ف) . وهي تسبب فساد اللحوم ومنتجاتها عند تخزين تحت ظروف لا هوائية أو في عبوات مفرغة محفوظة مبردة. يوجد نوع واحد فقط هو *B.thermophacta* .

2- *Lactobacillus*

عصويات عادة طويلة غير متحركة، إسطوانية تكون في سلاسل، معظم الأنواع تحتاج لتقليل من الهواء وبعضها لا هوائية لا يمكنها تكوين الفيتامينات اللازمة لها لذا فهي لا تنمو في الأغذية الفقيرة في محتواها من الفيتامينات. سالبة لاختبار الكتاليز؛ بعض أنواعها متجانس التخمر homofermentative مثل *L. acidophilus* , *L. helveticus* والبعض

الآخر مختلط التخمر heterofermentative مثل *L. fermentum* . تتواجد هذه البكتيريا في الكثير من الأغذية مثل منتجات الألبان والحبوب واللحوم والفاكهة وعصائرها والعجائن والمخللات المختلفة. من هذه البكتيريا ما تسبب فساد بعض الأغذية مثل المسجق حيث تنمو عليه بعض الأنواع مكونة لوناً أخضر. كذلك فإن اللحم المعبأ تحت تفريغ يصبح حامضياً بفعل بعض أنواع هذه البكتيريا كما تفسد بعض الأغذية المحفوظة بالخل مثل الكاتشب والمايونيز - ومن ناحية أخرى فإن البكتيريا التابعة لهذا الجنس منها ما هو مفيد في بعض الصناعات الميكروبية النباتية والحيوانية التي تحتاج تخمر لكتيكي مثل المخللات والمسجق.

3 - *Listeria*

عصويات قصيرة موجبة لصبغة جرام لها القدرة على النمو على درجات حرارة من 2 إلى 42°م (36 - 108°ف) ، تحتاج لقليل من الهواء وهي تنمو في مدى واسع من pH (5.6 - 9.8) ، موجبة لاختبار الكتاليز، تعتبر من البكتيريا المسببة للتسمم الغذائي الفريدة في نوعها مما يجعلها ذات أهمية في مجال الأغذية حيث أن لها القدرة على النمو على درجات حرارة التبريد في الكثير من الأغذية خاصة تلك التي لها pH أعلى من 6 . ويمكن معظم الخلايا الخضرية فإن خلايا هذه البكتيريا يمكنها تحمل بعض معاملات البسترة ويمكنها أيضاً تحمل عملية إنتاج اللحم لمدة 60 يوماً . تتواجد في الكثير من الأغذية مثل اللحوم ومنتجاتها والألبان ومنتجاتها، الدواجن، الأسماك والحيوانات المصدفة المائية والخضروات.

مسابعا : البكتيريا الموجبة لصبغة جرام غير منتظمة الشكل غير المكونة

للأبواغ (section 15) Gram - Positive Rods Irregular, Nonsporing

وتضم أربعة أجناس هامة في مجال الأغذية هي :

1 - *Arthrobacter*

تظهر الكائنات التابعة لهذا الجنس تشكلاً متعدداً pleomorphism فقد تظهر الخلايا الكروية بمظهر كروي أو بيضاوي أو بها استطالة بسيطة وعند نقل الخلايا الكروية الكبيرة إلى بيئة حديثة يخرج من الخلايا من 1 إلى 3 أنابيب إنبات germination tubes وتلك تتحول إلى عصويات مختلفة في الشكل والحجم وعندما تتقدم هذه الخلايا في العمر تتحول

إلى كرويات. والخلايا الكروية تكون موجبة لصبغة جرام أما العصويات فتجد بها حبيبات موجبة لصبغة جرام محاطة بمواد خلوية سالبة لصبغة جرام. أفراد هذا الجنس موجبة لاختبار الكاتاليز وتتواجد عادة في التربة ولكنها عزلت من منتجات اللحوم والدواجن والألبان والأسماك وعادة ما تكون خاملة في الأغذية.

2 - *Brevibacterium*

أفراد هذا الجنس كبيرة الشبه بالجنس *Arthrobacter*. وعموماً هناك نوع واحد هام في مجال الأغذية هو *B. linens* وهو هام في إنتاج نكهة الجبن خاصة الجبن للمبرجر *Limburger cheese*.

3 - *Corynebacterium*

يمكن تقسيم أفراد هذا الجنس إلى ثلاثة أقسام : الأول يشمل كائنات متقطعة وممرضة للإنسان والحيوان والثاني يشمل كائنات ممرضة للنبات والثالث يحوى كائنات غير ممرضة.

وتتميز أفراد هذا الجنس بظاهرة التشكل المتعدد وخلاياه عصويات مستقيمة أو منحنية ولكن لها ميل لتكوين أشكال هراوه ومستدقة الرأس *Club and pointed shapes* وهذه البكتيريا عادة غير متحركة وموجبة لصبغة جرام. أفضل نمو لها في الظروف الهوائية ولكن يمكنها النمو في ظروف لا هوائية. أشهر الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع *C. diphtheriae* المسبب لمرض الدفتريا في الإنسان والذي ينتقل عن طريق الغذاء.

أهم المصادر الطبيعية لهذه الكائنات الماء والتربة والنباتات والحيوانات خاصة صرغ الأبقار. أفراد هذا الجنس لها علاقة بفساد الأغذية ولكن هناك شكاً في أنها المسبب الأول أو الرئيسي لفساد الغذاء.

4 - *Microbacterium*

عصويات قصيرة غير منتظمة موجبة لصبغة جرام غير متحركة منتجة لإنزيم الكاتاليز تنتج حامض اللاكتيك من السكريات أى أنها متجانسة التخمر *homofermentative*، من أهم مميزات بعض أفراد هذا الجنس أنها مقاومة للحرارة حيث تتحمل معاملة حرارية لمدة 10

دقائق على درجة حرارة 80 إلى 85 م° (176 - 185 ف°) وبالتالي يمكن أن تتواجد في اللبن المطازج المبستر وتسبب فساداً نظراً لقدرتها على إنتاج حامض اللاكتيك، كذلك فإنها تسبب فساد تكة بعض منتجات اللحوم، وقد عزلت هذه البكتيريا من بعض الأغذية مثل منتجات اللحوم والدولجن والبيض والألبان.

5 - *Propionibacterium*

تتميز أفراد هذا الجنس أيضاً بظاهرة التشكل المتعدد وعموماً فهي عصويات صغيرة وفي بعض البيئات قد تكون كروية غير مكونة للجراثيم موجبة لصبغة جرام وموجبة لاختبار الكتاليز ولاهوائية إلى مقاومة للهواء aerotolerant. تخمر للكاربوهيدرات وتنتج حامض بروبيريونيك وحامض خليك وثاني أكسيد الكربون مع كميات قليلة من أحماض عضوية أخرى. الأفراد الملونة التابعة لهذا الجنس تسبب فساد لون الجبن ويستخدم أحد الأنواع التابعة لهذا الجنس في صناعة الجبن السويسري.

13-3-1-2 البكتيريا المكونة للأبواغ

Endospore - forming Gram - Postive Rods and Cocci (section 13)

أهم الأجناس المكونة للأبواغ هما الجنس *Bacillus* ، *Colostridium* ، بالإضافة لذلك توجد أجناس أخرى مكونة للأبواغ أهمها *Oscillospira* ، *Desulfotomaculum* ، *Sporosarcina* ، *Sporolactobacillus* وسوف نتناول الأجناس الثلاثة الأولى بالشرح.

أولاً : *Bacillus*

عصويات موجبة لصبغة جرام معظمها متحرك وهي ملتجة للكتاليز تنتج حامضاً من الجلوكروز ولكنها لا تنتج غازاً. تنبأين الأنواع المختلفة في قدرتها على تحليل البروتين والدهون وإنتاج الغاز. تتفاوت أفراد هذا الجنس في احتياجها من الأكسجين من هوائية إجباراً إلى لاهوائية اختياراً وتتفاوت أيضاً في المدى من درجات الحرارة الذي تنمو عليه فمنها ما يمكنه النمو على درجات الحرارة المنخفضة psychrotrophic والمحبة لدرجات الحرارة المتوسطة والمحبة لدرجات الحرارة العالية وبالتالي فإن درجة الحرارة الدنيا لهذا الجنس تتراوح بين 5 م° إلى 45 م° (23 إلى 113 ف°) ودرجة الحرارة القصوى للنمو تتراوح

بين 25 م° (77 ف°) لبعض الأنواع بينما تصل 75 م° (167 ف°) لأنواع أخرى، كذلك بالنسبة للـ pH حيث يتراوح المدى بين 2 - 8 ، وبعض الأنواع لا يمكنها مقاومة تركيز ملح أكثر من 2 ٪ في حين البعض الآخر يمكنه النمو عند تركيز ملح يصل 25 ٪. أهم المصادر الطبيعية لهذه البكتيريا هو التربة وتعتبر المواد الخام الداخلة في تصنيع الأغذية (المكونات المضافة) مثل التوابل والدقيق والسكر والنشا بمثابة مصادر لانتقال هذه البكتيريا إلى الأغذية المصنعة مثل السجق والخبز والأغذية المعلبة. ومن أهم أنواع هذا الجنس ما يلي:

B. subtilis هذه البكتيريا تكسر البكتين والساكار العديدة في أنسجة النباتات وتسبب فساد المنتجات النباتية الطازجة.

B. stearothermophilus وهي تسبب فساد الأغذية المعلبة ذات الحموضة المنخفضة.

B. coagulans تسبب فساد منتجات الطماطم.

B. cereus تسبب نوعين من التسمم الغذائي.

B. anthracis تسبب مرض الجعرة anthrax للإنسان والحيوان.

ثانياً: *Clostridium*

عصويات موجبة لصبغة جرام سالبة لا اختبار الكتاليز لاهوائية إجباراً باستثناء بعض الأنواع القليلة التي تكون مقاومة للهواء aerotolerant. تعتبر التربة أهم مصادر التلوث بأبواغ هذه البكتيريا كذلك تعتبر الأعلاف وكذلك السماد manure من مصادر التلوث. يمكنها مقاومة تركيزات من الملح تتراوح بين 2.5 إلى 6.5 ٪. يمكن تثبيط هذه البكتيريا بواسطة نيترات الصوديوم (0.5 إلى 1 ٪) أما التركيز المميت من الكلورين لهذه البكتيريا فهو 2.5 ميكرو جرام / مل.

بعض أنواع هذا الجنس تحدث أمراضاً خطيرة للإنسان مثل القيرغرينا الغازية gas gangrene والديتانوس والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً، ومنها ما يسبب فساد بعض الأغذية. ومن ناحية أخرى فإن بعض أفراد هذا الجنس يستخدم في إنتاج بعض المركبات الهامة مثل حامض البيوتيريك وكحول البيوتيل والأسيتون والإنزيمات. من أهم الأنواع ما يلي :

C. botulinum وهو من أهم الأنواع في مجال الأغذية حيث يسبب تسمماً غذائياً خطيراً كما أن المعاملات الحرارية المتبعة في صناعة تطيب الأغذية ذات الحموضة المنخفضة يتم حسابها على أساس القضاء على أبواغ هذا النوع.

C. perfringens بعض سلالات هذا النوع تسبب الفرغريدا الغازية والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً.

C. butyricum يسبب إنتاج غاز في خثرة اللبن.

C. putrefaciens أفراد هذا النوع محبة لدرجات الحرارة المتوسطة وتسبب تعفن بعض الأغذية.

C. thermosaccharolyticum أفراد هذا النوع محبة لدرجات الحرارة العالية وتسبب الفساد الغازي للخضروات المعلبة.

ثالثاً : *Desulfotomaculum*

تخزن هذه البكتريا مركبات الكبريت مثل الكبريتات والكبريتيت إلى غاز H_2S . من أهم الأنواع *D. nigrificans* وهو محب لدرجات الحرارة العالية ويسبب الفساد الكبريتي sulfide spoilage في الأغذية المعلبة.

13-3-1 مجموعات أو أقسام Sections أخرى من البكتريا الهامة في مجال الأغذية

أولاً : *Mycobacteria* (section 16)

نجد أن عائلة *Mycobacteriaceae* هي العائلة الوحيدة في هذه المجموعة وأفرادها تظهر تقارعاً أثرياً أو تقارعاً غير حقيقي وقد يكون التقارع معدوماً. والجنس *Mycobacterium* (به 54 نوعاً) هو أهم جنس بهذه العائلة. تبتد خلايا هذا الجنس عصرية مستقيمة غير متحركة موجبة لصبغة جرام وموجبة للصبغ المقاوم للأحماض (من أهم الصفات المميزة للجنس)، يتميز الجنس بكثرة إحتواءه خلاياه على مواد شمعية أو دهنية خاصة حامض الميكوليك mycollic acid المسؤول عن الإيجابية في الصبغ المقاوم للأحماض. يعتبر النوع

M. tuberculosis من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس وهذا النوع هو المسبب لمرض السل في الإنسان والحيوان. والجدير بالذكر أن مرض السل كان ينتشر قديماً عن طريق الغذاء خاصة اللبن (لذلك صممت عملية البسترة للبن على أساس القضاء الكامل على هذا الكائن) أما الآن فإن انتقال السل يحدث عن طريق الهواء *airborne disease* وليس عن طريق الغذاء.

ثانياً : (29 section) Streptomycetes and related genera

أهم جنس بهذه المجموعة هو الجنس *Streptomyces* (به 142 نوع) وهو يمثل الاكتينومييسيتات *actinomycetes* الهامة في مجال الأغذية خاصة في مجال الصناعات الميكروبية (إنتاج المضادات الحيوية).

عندما تنمو خلايا هذا الجنس فإنها تغطي هيفات خضرية متفرعة بغزارة ونادراً ما تجزأ. خلاياه هوائية موجبة لصبغة جرام موجبة لاختبار الكاتاليز تختزل النيتريت إلى نيتريت وتحتل الكازين والجيلاتين، درجة الحرارة المثلى للنمو 25 - 30 °م (77 - 86 °ف) والـ pH الأمثل يتراوح بين 6.5 إلى 8. ينتشر هذا الجنس في التربة والمواد العضوية المتحللة والأسمدة العضوية.

عدد قليل من أفراد هذا الجنس ممرض للحيوان والإنسان كما أن بعض أفرادهم ممرض للنبات مثل النوع *S. scabies* الذي يسبب الجرب في البطاطس. والبعض الآخر يسبب فساد الأغذية عندما تنمو عليها حيث تسبب تغير مظهر الغذاء ورائحته (رائحة التربة *earthy odour*) ومن ناحية أخرى فهناك أفراد كثيرة من هذا الجنس تستخدم في إنتاج المضادات الحيوية.

13-2-3 الفطريات Fungi

تضم مملكة الفطريات مجموعة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة والجدير بالذكر أن عدد الفطريات غير محدد حتى الآن فنجد أن بعض الفطريات لم تعزل بعد ولم يتم التعرف عليها حتى الآن ومن ناحية أخرى فقد أطلق على بعض الفطريات أكثر من اسم. والفطريات منتشرة في كل مكان حيث نجدها في التربة والهواء والماء والمواد العضوية المتحللة. والفطريات كائنات مترمة أو متطفلة.

تتسم الفطريات للسهولة إلى مجموعتين الأولى هي الفطريات الخيطية filamentous fungi وهي فطريات عديدة الخلايا وهذه المجموعة تشمل الأعفان moulds وأيضاً الفطريات التي تكون أجساماً ثمرية كبيرة مثل عيش الغراب mushrooms والغاريقون المسام toadstool والفطريات النفاشة puff - balls ، أما المجموعة الثانية فهي الخمائر yeasts وهي الفطريات وحيدة الخلية. ويهتما في مجال الأغذية الأعفان والخمائر.

13 - 2 - 3 - 1 الأعفان Moulds

الأعفان هي تلك الفطريات الخيطية المجهرية microscopic filamentous fungi وهي فطريات عديدة الخلايا ويمكن التعرف على نموها على الأغذية من مظهرها الفرائي furry أو القطني cottony . وقد يظهر النمو الفطري أبيض اللون أو ملوناً أو قاتماً .

نجد أن الوحدة التركيبية الرئيسية للأعفان عبارة عن شبكة من خيوط تعرف باسم هيفات hyphae والمفرد هيفا hypha حيث تتشابه الهيفات في تجمعات ملتفة مكونة الغزل الفطري أو الميسيليوم mycelium .

ونجد أن الهيفات قد تنمو داخل المادة التي يتغذى عليها العفن وتقوم بإمتصاص الغذاء اللازم لها لذا فإنها تسمى هيفات مغمورة submerged أو أنها قد تبقى في الهواء فوق المادة التي يتغذى عليها العفن وتسمى هيفات هوائية aerial كذلك فإن الهيفات قد تكون خضرية vegetative أو تكون هيفات تكاثر reproductive hyphae وقد تسمى هيفات خصبة fertile وهي تلك الهيفات التي تنتج أبواغاً، وعادة تكون الهيفات المغمورة خضرية وتكون الهيفات الهوائية خصبة .

ونظراً لوجود اختلافات واضحة بين الأعفان في شكلها الظاهري سواء بالعين المجردة macro - morphology أو بالمجهر micro - morphology فإن هذه الاختلافات تستخدم في تقسيم الأعفان . فإذا حاولنا فحص الأعفان بالعين المجردة نجد أن الهيفا الواحدة يصعب تمييز لونها ولكن يمكن تمييز لون الميسيليوم الذي قد يكون ذا لون أبيض أو رمادي أو بني أو أخضر . كذلك فإن نمو الميسيليوم قد يكون محدداً أو قد يكون منتشرأ .

وبواسطة المجهر يمكن تمييز ما إذا كانت الهيفات مقسمة septate كما في حالة

الفطريات العليا higher fungi أو غير مقسمة coenocytic or non septate كما في حالة الفطريات الدنيا lower fungi كذلك يمكن التعرف على بعض الدراكيب الخاصة من الميسليوم والتي تستخدم في تقسيم الأعفان مثل أشباه الجذور rhizoids الموجودة في الجنس *Rhizopus* وخلاية القدم foot cell الموجودة في الجنس *Aspergillus* والتفرع ثنائي الشعب dichotomous أو التفرع في شكل حرف Y كما في الجنس *Geotrichum*.

13-2-1-1 طرق تكاثر الأعفان

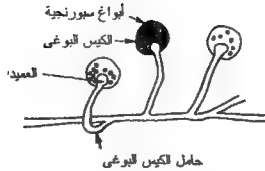
تتكاثر الأعفان لاجنسياً وجنسياً - والفطريات التي عرف طور تكاثرها الجنسي تعرف باسم الفطريات الكاملة perfect fungi أما التي لم يعرف طورها الجنسي بعد فتعرف باسم الفطريات الناقصة imperfect fungi.

ويمت التكاثر اللاجنسي عن طريق إنتاج أبواغ spores مباشرة من أو بواسطة الميسليوم وأهم هذه الأبواغ: الأبواغ السبورنجية sporangiospores - الأبواغ الكونيدية conidiospores - والأبواغ الأثروروية arthrospores - الأبواغ البلاستروية blastospores - والأبواغ الكلاميديية chlamydospores.

أما التكاثر الجنسي فيتم عن طريق أبواغ جنسية أهمها الأبواغ الأوتية oospores - والأبواغ الزيجية zygosporos - والأبواغ الأسكية ascospores - والأبواغ البازيدية basidiosporos وسوف نلقى الضوء على كل من الأبواغ الزيجية والأسكية.

أولاً : أهم الأبواغ اللاجنسية

1- الأبواغ السبورانجية sporangiospores وهذه تتكون عادة بأعداد كبيرة لدخل كيس يسمى الكيس البوغى sporangium عند نهاية هيفاً خصبة تسمى حامل الكيس البوغى sporangiophore الذي قد ينتهى بجزء متلفخ يسمى الصعيد columella وهو تركيب على شكل قبة dome - shaped يفصل بين المنطقة المكونة للأبواغ sporulating وتلك غير المكونة للأبواغ لدخل الكيس البوغى شكل رقم 13 - 3 .



شكل رقم 13 - 3 : الأبواغ السبورنجية والكيس الأبوي وحامل الكيس
للأبوي في الجنس *Mucor* (شكل توضيحي)
المصدر: Frazier and Westhoff (1988)

2- الأبواغ الكونيدية: conidiospores وقد يطلق عليها كونيديا conidia (والفرد كونيديوم conidium) وهي عبارة عن برعم أو جزء من هيفا خصبة خاصة تسمى الحامل الكونيدى conidiophore وعادة تكون في العراء وليست داخل وعاء container وتختلف الكونيديا في الشكل والحجم واللون واللمس وعدد الخلايا المكونة لها كذلك قد توجد مفردة أو في مجاميع مختلفة وقد تكون محمولة فوق زنجيات sterigmata (شكل رقم 13 - 4) أولية أو ثانوية.

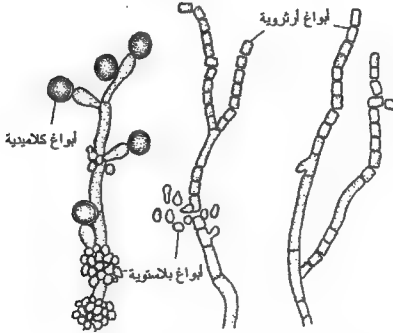


شكل رقم 13 - 4 : الكونيديا محمولة على زنجيات أولية على الحامل الكونيدى
في الجنس *Penicillium* (شكل توضيحي)
المصدر: Frazier and Westhoff (1988)

3- الأبواغ الأثرورية : arthrospores = arthroconidia وقد تسمى أويديا oidia وهي أبواغ تتكون بتكسر الميسيليوم إلى شظايا فتصبح خلايا الهيفا هي الأبواغ (شكل رقم 13 - 5).

4- الأبواغ البلاستوية : blastospores وهذه تتكون نتيجة حدوث تبرعم من أو انتفاخ في الجزء من الهيفا لمكونة لها (شكل رقم 13 - 5).

5- الأبواغ الكلأميدية : chlamydoconidia = chlamydoconidia وهي أبواغ مقاومة للظروف البيئية ولها جدار سميك تتكون من الميسيليوم حيث نجد بعض الخلايا في أماكن متفرقة من الميسليوم بدلت في تخزين زائد للغذاء بدخلها ثم تتلف وتكون جدار سميك (شكل رقم 13- 5).



شكل رقم 13 - 5 : الأبواغ الأثرورية والبلاستوية والكلأميدية في
Candida albicans - *Trichosporium beigeli* - *Geotrichum* sp.

(شكل توضيحي)

المصدر : (1972) Alexopoulos

ثانياً : أهم الأبواغ الجنسية

1- الأبواغ الزيجية : zygosporos وتكونها الفطريات ذات الهيفات غير المقسمة التابعة لقسم : Division : Zygomycotina وتتكون من اتحاد طرفى هيفتين متشابهتين فينتج أبواغ لها جدار سميك مقاومة للظروف البيئية غير المناسبة.

2- الأبواغ الأسكية : ascospores وتكونها الفطريات ذات الهيفات المقسمة التابعة لقسم : Division : Ascomycotina وتتكون نتيجة اتحاد خليتين (من نفس الميسيليوم أو كل واحدة من ميسيليوم مختلف) وبعد حدوث الاندماج والانقسام تنتج الأبواغ التى تكون داخل أكياس ascus ويكل كيس يوجد عادة 8 أبواغ أسكية.

14- 2- 3- 1- 2 أهم الصفات الفسيولوجية للأعفان

تتميز الأعفان بأنها تحتاج رطوبة متاحة أقل من تلك التى تحتلها البكتريا والخمائر أى أن لها القدرة على النمو تحت ظروف من الجفاف أكثر من غيرها من الكائنات الحية الدقيقة.

ونجد أن معظم الأعفان تعتبر محبة لدرجة الحرارة المتوسطة mesophiles، ودرجة الحرارة المثلى للنمو معظم الأعفان تتراوح بين 25 إلى 30°م (77 - 86°ف) ولكن بعضها ينمو جيداً على درجات حرارة 35 إلى 37°م (95 - 99°ف) أو أكثر مثل بعض أنواع الجنس *Aspergillus*، وبعض الأعفان يكون محباً لدرجات الحرارة المنخفضة psychrophiles أى ينمو جيداً على درجة حرارة التبريد العادية 0 - 5°م (32 - 41°ف) بينما البعض يمكنه النمو ببطء على درجة حرارة أقل من الصفر المئوى (32°ف)، يوجد قليل من الأعفان المحب لدرجة الحرارة المرتفعة thermophiles . ويسهل قتل الأعفان بالحرارة فالميسيليوم حساس لدرجة الحرارة وأيضاً أبواغ الأعفان يسهل القضاء عليها بالحرارة .

تحتاج الأعفان ذات الأهمية فى مجال الأغذية إلى الأكسجين لنموها أى أنها هوائية aerobc، ويمكن للأعفان النمو فى مدى واسع من الـ pH (2 إلى 8.5) ولكن الغالبية العظمى تفضل الوسط الحامضى. كما يمكنها استهلاك العديد من الأغذية وذلك لقدرتها على إنتاج إنزيمات محللة متنوعة .

13-3-2-1-3 أهم أجناس الأعفان فى مجال الأغذية

تضم الأعفان الهامة فى الأغذية بعض الفطريات الدنيا lower fungi وبهنا منها قسم: زيغوميكوتينا Division : Zygomycotina أما معظم الأعفان الهامة فى الأغذية فإنها تنبع الفطريات العليا higher fungi، وبهنا هنا قسمان هما أسكوميكوتينا Division: Ascomycotina وديوتيروميكوتينا Division: Deuteromycotina وأيضاً يعرف القسم الأخير باسم الفطريات للناقصة imperfect fungi .

أولاً : قسم : Division : Zygomycotina

يعتبر هذا القسم من الفطريات الدنيا lower fungi وفى نفس الوقت من الفطريات الكاملة perfect fungi لأن أفرادها تكاثر جنسياً بواسطة الأبواغ الزيجية وسوف نناقش ثلاثة أجناس تابعة لهذا القسم وهى *Thamnidium* , *Rhizopus* , *Mucor* .

Mucor - 1

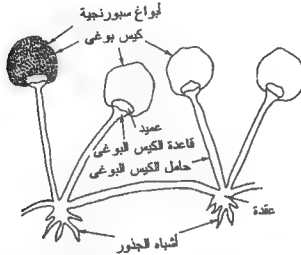
الهيفات غير مقسمة والتكاثر اللاجنسى عن طريق تكوين أبواغ سبورانجية sporangiospores ناعمة ومنظمة داخل أكياس sporangium محمولة على حوامل sporangiophores هوائية ويوجد عمود columella - فى نهاية حامل كيس الأبواغ - دائرى أو مستطيل أو كثرى الشكل (أنظر شكل رقم 13-3) .

يتواجد العفن فى التربة والروث والحبوب المخزنة والخضروات والفاكهة. بسبب العفن فساد الكثير من الأغذية وعلى النقيض فإن هذا الجنس له استخدامات فى مجال الصناعات الميكروبية حيث يستخدم فى إنتاج أغذية مخمرة خاصة فى الشرق الأقصى كما يستخدم فى إنتاج الإنزيمات.

Rhizopus - 2

الهيفات غير مقسمة، تتواجد الأبواغ داخل أكياس كبيرة سوداء اللون محمولة على حوامل الأكياس البوغية sporangiophores التى تنشأ عدد مناطق العقد nodes والتى يتواجد عندها كذلك أشباه الجذور rhizoids ، يوجد عمود columella نصف دائرى مع

وجود قاعدة الكيس البوغى apophysis (شكل رقم 13-6) . يسبب العفن فساد أنواع مختلفة من الأغذية المخزنة ويعتبر النوع *R. stolonifer* عفن الخبز الشائع كما أن له القدرة على إنتاج إنزيمات محالة للبروتين وبالتالي فإنه يسبب التعفن الطرى soft rot لكثير من النباتات. يستخدم العفن فى إنتاج بعض الأغذية المخمرة .



شكل رقم 13-6 : الجنس *Rhizopus* (شكل توضيحي)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

3 - *Thamnidium*

ما يميز هذا الجنس عن الجنس السابقين أن حامل الكيس البوغى sporangiophore يتفرع فى شكل تفرع شجيرى قرب القاعدة وكل فروع يحمل كيساً بوغياً صغيراً sporangiole يحتوى على عدد قليل من الأبواغ (2 - 12 بوغ) (شكل رقم 13-7) وقد وجد أن درجة الحرارة المنخفضة والضوء يشجعان تكوين sporangia بعكس sporangioles. أما الأبواغ الزيجية فإنها تتكون على درجة حرارة 6 - 7 °م (43 - 45 °ف) وليست على 20 °م (68 °ف) . يتولد هذا العفن على الأغذية المبردة خاصة على اللحوم ويسبب فساداً يسمى 'سبلة whiskers' وهذا العفن فاتح اللون وله نمو منتشر.



شكل رقم 13 - 7 : للجنس *Thamnidium* (شكل توضيحي)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

ثانياً : قسم : Division : *Ascomycotina*

هيفات الأعفان التابعة لهذا القسم مقسمة وتكاثر أفرادها جنسياً بواسطة الجراثيم الأسكية التى تتواجد داخل أكياس ascus . وهنا يقال أن الفطر فى للحالة الكاملة prefect state أما الفطريات التى لم يكتشف تكاثرها الجنسي بعد فإنه يطلق عليها اسم الفطريات الناقصة imperfect fungi وتوضع مع قسم : Division : *Deuteromycotina* ويعتقد أن حوالى ثلث إلى نصف الفطريات الناقصة تتبع قسم : Division : *Ascomycotina* ولكن لم يكتشف الطور الجنسي لها بعد .

ويضم هذا القسم الكثير من الأعفان والخمائر وعلى الرغم من أن عدد الأجناس التى يضمها هذا القسم حوالى 2000 إلا أن ماله أهمية فى مجال الأغذية يعتبر محدوداً وفيما يلى وصف لأهم الأعفان ذات الأهمية فى هذا المجال وتشمل ثلاثة أجناس هى :

Neurospora , *Claviceps* , *Byssoschlamys*

Byssoschlamys - 1

يتكاثر جنسياً بواسطة الأبواغ الأسكية ولاجنسياً بواسطة الأبواغ الكونيدية التى تتواجد فى سلاسل . من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *B. fulva* الذى يتميز بقدرته على النمو فى

بيانات منخفضة المحتوى من الأكسجين وحامضية كما أنه يكون أرباغاً أسكية مقاومة للحرارة وينتج إنزيمات لها قدرة كبيرة على تحليل البكتين؛ وهذه الصفات مجتمعة تجعل هذا العفن له القدرة على إحداث فساد في الفاكهة المطبوخة وعصائر الفاكهة. كذلك فإن النوع *B. nivea* ينتج السم الفطري المعروف باسم باتشلين Patulin.

2 - *Claviceps*

يعتبر النوع *C. purpurea* من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس حيث يتميز بقدرة على إنتاج سموم فطرية. على الحبوب، وهذه السموم عبارة عن قلويدات alkaloids وقد نشأت حالات تسمم في الماضي كان آخرها عام 1951 ويرجع انحسار انتشار هذا التسمم إلى تحسين تداول الحبوب.

3 - *Neurospora*

أهم ما يميز هذا الجنس وجود الكونيديا المتبرعمة budding conidia (شكل رقم 8-13)، وقد تم اكتشاف تكوين الأبواغ الأسكية (الطور الجنسي) ذات الشكل المصنوع ribbed ascospores لذلك سمي هذا العفن *Neurospora* وأصبح يتبع Ascomycotina وقبل اكتشاف الطور الجنسي كان اسمه *Monilia* ويتبع الفطريات الناقصة. والجدير بالذكر أن تكوين الأبواغ الأسكية يكون نادر الحدوث بعكس تكوين الكونيديا المتبرعمة (الطور اللاجنسي) الشائع الحدوث.



شكل رقم 8 - 13 : الكونيديا المتبرعمة في الجنس *Neurospora* (شكل توضيحي)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *N. sitophila* المعروف بعفن الخبز الأحمر وذلك بسبب نموه الملون على الخبز، كذلك فإن هذا الفطر ينمو على باجاس (مصاصة) قصب السكر وعلى العديد من الأغذية مما يسبب فسادها. ومن ناحية أخرى نجد أن هذا العفن يستخدم فى إنتاج أغذية مخمرة فى الشرق الأقصى (الانتجوم الأحمر red ontjom وهو ناتج من تخمر عجينة الفول السودانى المصنوعة).

ثالثاً : قسم : *Deuteromycotina* Division :

يضم هذا القسم مجموعة كبيرة من الفطريات غير المتجانسة والتي لها هياكل مقسمة وتتكاثر لا جنسياً ويمكن اعتبار أفراد هذا القسم فطريات تتبع إما *Ascomycotina* أو *Basidiomycotina* ولكن ليس لها طور جنسى بعد .. لذلك فإنها تسمى بالفطريات الناقصة وفيما يلى أهم أجناس الأعفان التابعة لهذا القسم:

1 - *Alternaria*

أهم ما يميز هذا الجنس هو تكوين كونيديا عديدة الخلايا مقسمة طولياً وعرضياً بنية اللون تتركز فوق بعضها فى سلاسل فوق الحامل الكونيدى الذى يكون قائم اللون أبيضاً وتظهر كتلة الميسيليوم الهوائى عادة باللون الرمادى المخضر أو البنى أو بلون الزيتون الأخضر (شكل رقم 9 - 13).



شكل رقم 9 - 13 : الكونيديا عديدة الخلايا المقسمة طولياً وعرضياً فى

الجنس *Alternaria* (شكل توضيحي)

المصدر : (1988) Frazier and Westhoff

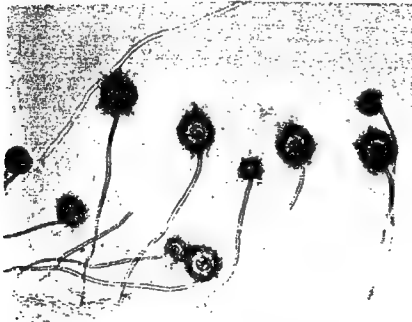
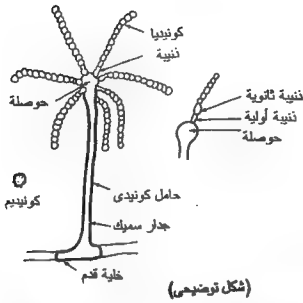
يعتبر أفراد هذا الجنس مسبباً شائعاً لفساد الأغذية حيث يهاجم أنسجة الطماطم الضعيفة أو المجروحة في الحقل، ونتيجة لأمو العفن القائم فإن هذا الفساد يسمى بإسم العفن الأسود كذلك فإن النوع *A. citri* يسبب عفن للموالح ويساهم أفراد هذا الجنس في تغيير نكهة بعض منتجات الألبان كما أن بعض أفرادها تنتج سموماً فطرية .

2 - *Aspergillus*

هيفات العفن مقسمة، ينمو في مستعمرات محددة متماسكة، تخرج الحوامل الكونيدية من خلية القدم *foot cell* وهي عبارة عن خلية من خلايا الميسيليوم كبيرة الحجم ولها جدار سميك، ينتفخ الحامل الكونيدى في نهايته مكوناً حوصلة *vesicle* عليها ذنبيات *stigmata* أولية وثانوية تترتب فوقها الكونيديا في سلاسل، ويذروح لون الكونيديا بين الأخضر والبني والأسود حسب الأنواع المختلفة (شكل رقم 13 - 10) .

ينتشر هذا العفن انتشاراً واسعاً في الطبيعة حيث يتواجد في التربة والمواد العضوية ويتواجد في الفاكهة والخضروات والحبوب المخزنة وغيرها من منتجات الأغذية ويوجد منه حوالي 132 نوع ويعرف هذا الجنس مع أفراد الجنس *Penicillium* بفطريات التخزين في الحبوب .

يسبب فساد لون الحبوب ويقتل أو يحطم إنبات البذور ويسبب هذا العفن فساد الكثير من الأغذية . كما أن من أفراد هذا الجنس ما ينتج سموماً فطرية وأشهرها *A. flavus* ، *A. parasiticus* اللذان ينتجان السموم الفطرية الشهيرة المعروفة باسم الأفلاتوكسينات (ذيفانات أفلا) *Aflatoxins* . ومن ناحية أخرى فإن الكثير من أفراد هذا الجنس لها استخدامات صناعية مثل إنتاج الأحماض العضوية والإنزيمات كذلك يستخدم البعض في إنتاج بعض الأغذية المخمرة خاصة في دول الشرق الأقصى أو يستخدم العفن كمصدر للبروتين كغذاء للحيوان أو الإنسان .



الميسليوم والرووس الكونيدية كما تظهر تحت المجهر للجنس *Aspergillus*

شكل رقم 10 - 13 : شكل توضيحي وآخر مجهري للجنس *Aspergillus*

المصدر : . (1988) Frazier and Westhoff - (1989) Banwart

Botrytis - 3

يتكاثر العفن لا جنسياً بواسطة الأبواغ الكونيدية التي تتواجد على ذنبات قصيرة والحامل الكونيدى متفرع بغير انتظام ويلاحظ أن مكان وعدد الذنبات يظهر الكونيديا كأنها عناقيد عذب (شكل رقم 11 - 13) .



شكل رقم 11 - 13 : الجنس *Botrytis* (شكل توضيحي)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

أكثر الأنواع شيوعاً هو *B. cinerea* الذى يسبب التعفن الرمادى لكثير من النباتات مثل الخس والطماطم والفراولة والعنب. وهو من فطريات الحقل حيث يأتي من التربة ويهاجم النباتات فى الحقل خاصة خلال مناطق الشترق والجروح فى النبات.

Cladosporium - 4

تتكون الكونيديا إما من خلية واحدة أو من خليتين two - celled وتولد فى سلاسل متفرعة على الحامل الكونيدى وعندما تتكاثر الكونيديا بالتبرعم فإن ذلك يسبب التفرع (شكل رقم 12 - 13) . مستعمرات العفن سمكية محدودة النمو ناعمة إلى قطيفية لونها أخضر أو زيتونى أو بنى أو أسود.

وهو من الأعفان القاتمة dark moulds التى تسبب بقعاً سوداء على عدة أغذية. ويشيع تواجد العفن فى التربة كما يمكنه النمو على الأنسجة الضامة connective tissues أو على الدهن المغطى للحم عندما يخزن عدة أيام فى الحلاجة وينتج عن ذلك تبقع لون اللحم

باللون الأسود، وأيضاً ينمو العفن على الحبوب المخزنة ومنتجات الألبان كما أن النوع *C. carpophilum* يسبب جرب للوخ *peach scab*.



شكل رقم 13 - 12 : الجنس *Cladosporium* (شكل توضيحي)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

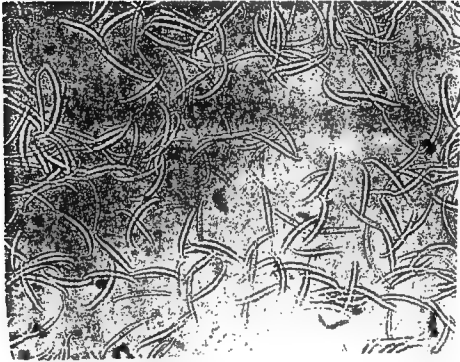
5 - *Fusarium*

يظهر الميسليوم بمظهر قطنى أوزغبى خفيف fluffy وتختلف الأنواع التابعة للجنس فى لونها فمنها الأبيض، الأبيض الوردى، الوردى، الأحمر، الأحمر البنى، البنى، البنى الفاتح، الخوخى، البرتقالى، الأزرقى، البنفسجى، القرمزى. المستعمرات منتشرة النمو والكونيديا المتكونة بواسطة هذا العفن لها أشكال مختلفة منها الإسطوانى، للمستطيل، الكروى، للمنجلى، الكمثرى، الإبرى، الهلالى، البيضى. ويوجد نوعان من الكونيديا (شكل رقم 13-13).

أ - ماكروكونيديا macroconidia وهى مكونة من عدة خلايا وعادة تكون منحنية عند نهايتها المدببتين مثل شكل القارب المقوس canoe.

ب - ميكروكونيديا وهى خلية واحدة تكون بيضارية أو مستطيلة.

تنتشر أفراد هذا الجنس انتشاراً واسعاً فى الطبيعة وتواجد فى التربة والمواد المتحللة وفى كثير من الأغذية وبعض أفرادها يسبب أمراضاً للنبات وهو من فطريات محاصيل الحقل حيث يسبب فساد الطماطم (تعفن الطماطم) ويسبب التعفن الجاف أو التعفن الأبيض فى



شكل رقم 13 - 13 : الجنس *Fusarium*

الشكل الطرى لرميحي، والساقى تحت المجهر

المصدر : Banwart (1981) - Frazier and Westhoff (1988)

البطاطس (وذلك بواسطة *F. solani*). كما يهاجم محاصيل الحبوب فى أنحاء كثيرة من العالم وفى بعض السنوات تسبب هذا الجنس فى فقد 50 % من القمح وبعض المحاصيل الأخرى فى اليابان. كما أن أفراد هذا الجنس تنتج سموماً فطرية مثل مجموعة التريكوثيكنات trichothecenes ومنها السم الفطرى المعروف باسم دى أوكسى نيفالينول deoxynivalinol أو باسم فوميتوكسين vomitoxin والذي يتسبب فى رفض الحيوانات للعليقة المتواجده بها هذا السم وإذا تناولها يحدث لها قي vomiting.

Geotrichum - 6

عفن يشبه الخميرة وينمو بسرعة على درجات حرارة الغرفة مكوناً مستعمرات لونها أبيض أو كريمي وهناك بعض الأنواع لونها برتقالي وأحمر. الهيفات مقسمة ومتفرعة وتنكسر إلى أبواغ أرثرويدية arthrospores وهذه تكون مستطيلة أو بيضاوية أو كروية أو برميلية الشكل (شكل رقم 13 - 14) .



شكل رقم 13 - 14 : الجنس *Geotrichum* (شكل توضيحي)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

عادة ما يطلق على الجنس *Geotrichum* اسم عفن الألبان ومنتجاتها dairy mould وذلك لنموه على هذه المنتجات، ومن أهم أنواعه *G. candidum* الذي يسمى عفن الماكينات machinery mould وذلك لنموه على المعدات الملائقة لأجزاء الغذاء أو العصار أثناء التصنيع خاصة تلك المعدات التي لم يتم تنظيفها جيداً ويلتقي عليها بقايا الأغذية والعصائر وبالتالي يحدث تلوث بهذا الفطر لكثير من أنواع الأغذية المصنعة عن طريق المعدات.

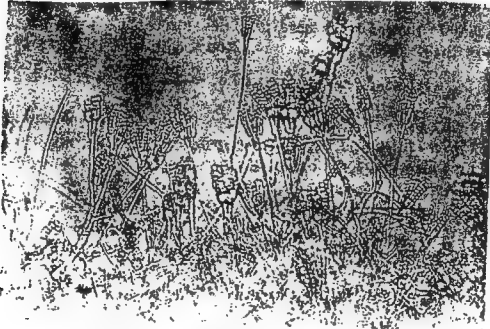
ومطبعا هذا الفطر يقتل بالحرارة المستخدمة في التصنيع ولكن يمكن مشاهدة الهيفات (غير الحية) بواسطة الفحص المجهرى ووجود هذه الهيفات في الأغذية المطبوخة دليل على عدم إتباع الممارسات الصحية السليمة أثناء التصنيع.

7 - *Monascus*

أهم نوع هو *M. purpureus* وله نمو منتشر وله لون أحمر أو قرمزي يتواجد في منتجات الألبان والأرز الأحمر الصيني *chinese red rice* والمعروف باسم النج - خاك *ang - khak*. يستخدم هذا العفن حالياً كمصدر لإنتاج الصبغات الحمراء الطبيعية.

8 - *Penicillium*

هيفات العفن مقسمة والحامل الكونيدى مقسم ومتفرع مكوناً رأساً من الكونيديا تشبه المكسمة ويقسم هذا الجنس إلى مجموعات حسب تفرع الحامل الكونيدى، الحامل الكونيدى خشن ولكن الكونيديا ناعمة وكروية وتنشأ في سلاسل (شكل رقم 13 - 15 ، انظر أيضاً شكل رقم 13 - 4)، وقد يكون لونها أخضر أو أخضر رمادياً أو أخضر مزرقاً أو أخضر مصفراً أو أن تكون بيضاء.



شكل رقم 13 - 15 : الميسليوم والرؤوس الكونيدية للجنس *Penicillium*

كما تظهر تحت المجهر

المصدر : Banwart (1989)

يعتبر هذا العفن من أكثر الأعفان انتشاراً في الطبيعة ويوجد منه العديد من الأنواع. وهو من فطريات التخزين storage fungi خاصة في الحبوب حيث ينمو على الحبوب أثناء تخزينها ويسبب فسادها كما يسبب فساد للخبز واللحم والخضروات والفاكهة والجبن فمثلاً نجد أن *P. expansum* وهو لعفن ذو الأبواغ الخضراء المزرقة يسبب التعفن في بعض الفاكهة مثل التفاح والكمثرى والخوخ والدوم *P. digitatum* وأبواغه لونها أخضر زيتوني أو أخضر مصفر يسبب عيب العفن الأخضر في الموالح بينما *P. italicum* وأبواغه لونها أزرق مخضر يسبب عيب العفن الأزرق في الموالح، كذلك فإن بعض أنواع هذا الجنس تشكل خطورة على صحة الإنسان فمنها ما يسبب أمراضاً مثل التهابات الجهاز التنفسي والبولي كذلك وجد أن الجنس *Penicillium* ينتج أكثر من مائة سم فطري مثل الأوكراتوكسينات ochratoxins والركفوريتين roquefortine والباتشولين patulin والسترنين citrinin . ومن ناحية أخرى فإن أفراد هذا الجنس تستخدم في أغراض مفيدة مثل تصنيع الجبن الكاممبرت والجبن الريكفورت وإنتاج الإنزيمات مثل glucose oxidase وإنتاج الكثير من المضادات الحيوية.

9 - *Sporotrichum*

الكرونيديا صغيرة كمثرية الشكل توجد مفردة على نتوءات projections ولا توجد في سلاسل (شكل رقم 13 - 16) يكون مستعمرات عادة بيضاء أو ذات لون كريمي ولكن أحياناً يكون لونها أصفر أو رمادياً أو وردياً أو أحمر أو أخضر. من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *S. carnis* والذي يمكنه النمو على درجات حرارة منخفضة (- 8° م إلى 5° م) (18- 23° ف)



شكل رقم 13 - 16 : الجنس *Sporotrichum* (شكل توضيحي)

المصدر : (1988) Frazier and Westhoff

وبالتالى فإنه ينمو على اللحوم فى الفلاجات ويسبب الفساد المعروف باسم البقع البيضاء white spots أيضاً النوع *S. schenckii* وهو يسبب أمراضاً جلدية ويصيب أنسجة تحت الجلد أيضاً. ومن ناحية أخرى فإن النوع *S. thermophile* والذي له درجة حرارة مثلى للنمو 40°م (104°ف) ينتج إنزيم السيلوليز cellulase ويستخدم لتحليل السيلولز إلى مركبات أبسط.

10 - *Trichothecium*

أكثر أنواع هذا الجنس شيوعاً هو *T. roseum* وهو عفن وردي pink mould ينمو على الفاكهة مثل التفاح والخوخ وعلى الخضروات مثل الخيار وينمو على الخشب والورق، يمكن التعرف على هذا العفن بسهولة عن طريق الكونيديا الخاصة به حيث أنها ذات خليتين two - celled conidia وهى تتواجد فى شكل عناقيد على حامل كونيدى قصير (شكل رقم 13 - 17) .



شكل رقم 13 - 17 : الجنس *Trichothecium* (شكل توضيحي)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

13 - 2 - 2 - 3 الخمائسر

تعرف الخمائسر بأنها فطريات وحيدة الخلية بمعنى أن جسم الفطر fungal thallus عبارة عن خلية واحدة على عكس الأعفان التى يتكون جسمها thallus من ميسيليوم وأجسام ثمرية fruiting bodies. ولكن الخمائسر وحيدة الخلية فإن ذلك يعطيها ميزة عن شكل

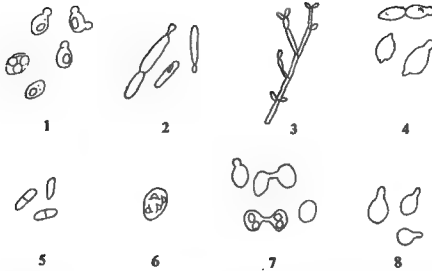
الميسليوم الموجود في الأعفان حيث نجد أن نسبة السطح إلى الحجم كبيرة مما يسمح بنشاط حيوي أعلى وكذلك تكون أكثر انتشاراً وتوزيعاً عما لو كانت في صورة ميسليوم.

13 - 3 - 2 - 1 الصفات العامة للخمائر

أولاً : الشكل الظاهري

نجد أنه من الصعب التفرقة بين مستعمرات الخميرة ومستعمرات البكتريا النامية على البيئات الصلبة وعموماً تكون معظم مستعمرات الخميرة حديثة العمر young ذات قوام لزج ومبلة وتكون معظم المستعمرات بيضاء أو ذات لون كريمي أو ملونة ويزيادة عمر المستعمرة قد تتغير قليلاً والبعض الآخر يصبح جافاً ومجعداً wrinkled، أما في البيئات السائلة فنجد أن الخمائر قد تنمو في صورة غشاء (فيلم) film أو قشرة رقيقة pelicle أو زبد scum على سطح السائل لذلك يطلق على هذه الخمائر خميرة الفيلم film yeast وهي تنتمي لمجموعة الخمائر المؤكسدة oxidative yeast أما الخمائر المخمرة fermentative yeast فإنها تنمو داخل البيئة السائلة.

يمكن تمييز خلايا الخميرة عن خلايا البكتريا باستخدام المجهر فخلايا الخميرة أكبر (2 - 10 ميكرومتر). ونجد أن الخمائر تأخذ أشكالاً متعددة أهمها الكروي والبيضاوي spherical and ovoid ومنها أيضاً المستطيل elongate والمثلثي triangular وشكل الكمثرى pear - shape وشكل الليمون lemon - shape وشكل الزجاجاة bottle - shape (شكل رقم 13 - 18)، وعادة تكون الخلايا مفردة أو مزدوجة أو تكون تراكيب متعددة الخلايا مثل الكتل أو تكون سلاسل من خلايا مستطيلة تسمى هيفاً كاذبة pseudohyphae ثم يتكون الميسليوم الكاذب pseudomycelium من هذه الهيفات [شكل رقم 13 - 18 (3)] (الهيفات عبارة عن خلايا مستطيلة نشأت من براعم ملتصقة ببعضها في سلاسل متفرعة) ويلاحظ أن الخلايا في الميسليوم الكاذب تكون مستقلة عن بعضها ولا تتصل عن طريق فتحات pores ببعضها كما هو الحال في ميسليوم الأعفان. كما يوجد بعض الخمائر التي يمكنها تكثير ميسليوم حقيقي تحت ظروف نمو معينة.



- 1 - *Saccharomyces cerevisiae* وخلاياها المتفرعة مع ظهور كيس أسكى به أربعة أبراغ أسكية.
- 2 - خلايا المستطيلة للجنس *Candida*.
- 3 - خلايا *Candida* تظهر الميسليوم للكلاب.
- 4 - خلايا خميرة لها شكل للثيرون.
- 5 - خلايا مستطيلة تكاثر بالانقسام ممثلة للجنس *Schizosaccharomyces*.
- 6 - أبراغ في شكل التهمة تميز الجنس *Hansenula*.
- 7 - اقتران الأكياس الأسكية في الجنس *Zygosaccharomyces*.
- 8 - خلايا خميرة لها شكل الزجاجة.

شكل رقم 13 - 18 : الأشكال المختلفة لبعض الفطائر (أشكال توضيحية)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الفطريات تكون مزدوجة الشكل *dimorphic fungi* وهذه يمكنها النمو في شكل عفن أو في شكل خميرة تبعاً لظروف النمو، والميسليوم الذي تكونه يكون ميسليوم حقيقياً. والجدير بالذكر أن كثيراً من الفطريات المسببة للأمراض في الإنسان والحيوان تكون مزدوجة الشكل *dimorphic* مثل *Candida albicans* التي تسبب مرض القلاع *thrush* الذي يصيب الأغشية المخاطية خاصة الموجودة في الفم.

ونجد أن عدداً محدوداً من الخمائر يكون كبسولاً خارجياً extracellular capsules وذلك مثل *Cryptococcus neoformans* التي تسبب نوعاً من أنواع الالتهاب السحائي المزمن chronic form of meningitis .

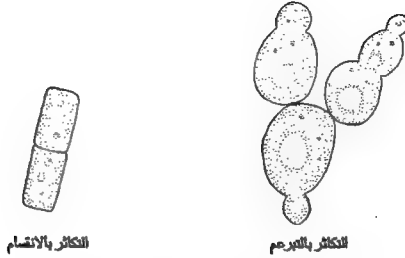
ثانياً : التكاثر

1 - التكاثر اللاجنسي

تتكاثر جميع الخمائر لاجنسياً وهي الطريقة الوحيدة للتكاثر لحوالي 50% من الخمائر وتسمى الخمائر التي تتكاثر لاجنسياً فقط باسم الخمائر الكاذبة false yeasts ونجد أن الخمائر تتكاثر لاجنسياً عادة عن طريق التبرعم budding (شكل رقم 13 - 19) حيث يبدأ ظهور نثره من الخلية الأم أو الخلية الأصل parental cell ثم ينتفخ ويكبر ليكون بوعاً بلاستوريا blastospore ثم يفصل بعد ذلك عن الخلية الأصل، وقد تحمل الخلية الأصلية برعماً أو أكثر. وتطلق عدة أسماء على التبرعم على حسب مكان وعدد البراعم على الخلية الأصل فإذا ظهر البرعم عند الطرف التقصير للخلية الأصل أطلق عليه تبرعم طرفي polar ، وإذا تكون برعمان على طرفي الخلية أطلق عليه التبرعم ثنائي الطرف bipolar (شكل 13-18(4)) وإذا تكونت براعم متعددة على أي مكان من الخلية الأصل سمي التبرعم الجانبي المتعدد multilateral وإذا تكونت البراعم عند قاعدة الأكتاف الضيقة للخلية الأصل سمي بالتبرعم عند قاعدة الأكتاف الضيقة narrow - base sholder .

وهناك بعض الخمائر تكون البراعم على تدوات strigmata or stalks لتصبح أبواغاً وبعد ذلك يمكن للخلية عن طريق ميكانيكية معينة قذف هذه الأبواغ بعيداً عن الخلية وتسمى هذه الأبواغ بالأبواغ البالستورية ballistospores .

ولكن يوجد بعض الخمائر تتكاثر بالإنقسام fission (شكل رقم 13 - 19) لذا تسمى fission yeasts وذلك مثل *Shizosaccharomyces pombe* وهذا الانقسام مثل الانقسام الثنائي binary fission الذي يحدث في البكتريا .



شكل رقم 13 - 19 : التكاثر اللاجنسي في الخمائر (شكل توضيحي)
المصدر : Alexopoulos (1972)

2 - التكاثر الجنسي

تتكاثر بعض الخمائر جنسياً بالإضافة للتكاثر اللاجنسي وتسمى هذه الخمائر بالخمائر الحقيقية true yeast ويتم التكاثر الجنسي في الخمائر ذات الأهمية في مجال الأغذية عن طريق إنتاج الأبواغ الأسكية حيث تصبح خلية للخميرة عبارة عن الكيس الأسكي وتحتوي بداخلها الأبواغ الأسكية ويعتبر عدد ومظهر الأبواغ الأسكية من الصفات المميزة للأنواع المختلفة من الخمائر وتختلف الأبواغ الأسكية في اللون والشكل ومن أشكالها مايلي : كروي spheroidal إسطواني cylindrical بيضاوي ovoid كلوى bean - shaped قبعي hat - shaped إبري needle - shaped مثلثي triangular .

ثالثاً : الصفات الفسيولوجية

1- الرطوبة : تنمو معظم الخمائر الشائعة في وجود كمية كافية من الرطوبة المتاحة (نشاط الماء A_w) ولكن العديد من الخمائر ينمو في وجود تركيزات عالية من المذاب (ملح أو سكر) بالمقارنة بمعظم البكتريا لذا فإنها تحتاج رطوبة متاحة أقل من معظم البكتريا ومن ناحية أخرى تحتاج الخمائر رطوبة متاحة أعلى من الأعفان. وطبعاً كل نوع من الخميرة له A_w

أمثل لنموه ومدى من A_{ww} يمكن له النمو فيه تحت ظروف بيئية معينة ومطبوعاً تختلف الـ A_{ww} هذه باختلاف بعض العوامل الأخرى المؤثرة على النمو مثل درجة الحرارة والـ pH ووجود المثبطات .. ألخ.

2- درجة الحرارة : معظم الخمائر لها درجة حرارة مثلى تتراوح بين 25 - 30 °م (77-86°ف) أما درجة الحرارة المثلى للنمو فتتراوح بين 35 - 47 °م (95 - 117°ف) وهناك بعض الخمائر لها القدرة على النمو على درجة الصفر المئوى (32°ف) أو أقل. ويسهل قتل خلايا الخميرة وأبواغها بالحرارة.

3- الـ pH : تنمو الخمائر فى مدى واسع من الـ pH وتنمو أفضل فى المدى بين 4 - 4.5 ولا تنمو فى الوسط القلوى إلا إذا أُنقِمت عليه.

4- الأكسجين : تنمو الخمائر أفضل فى الظروف الهوائية . والأنواع المخمرة fermentative types يمكنها النمو لاهوائياً ولكن ببطء.

5- الاحتياجات الغذائية : تعتبر السكاكر أحسن مصادر الطاقة بالنسبة لمعظم الخمائر وتتميز الخمائر بأنها تتطلب مصدر كربون بنسبة عالية فى البيئة. أما احتياجها لمصدر النيتروجين فإنه يتراوح بين المركبات البسيطة مثل الأمونيا واليوريا إلى الأحماض الأمينية والبيبتيدات العديدة. كما تحتاج الخمائر للنموها إلى بعض عوامل النمو growth factors بمعنى أن الخمائر لها احتياجات غذائية أشد تعقيداً من الأعفان.

13- 3- 2- 2- 2 أهم أجناس الخمائر فى مجال الأغذية

يوجد الآن حوالى 597 نوعاً من الخمائر مقسمة إلى 83 جنساً على أساس الشكل الظاهرى بما فى ذلك الصفات المزرعية وطريقة التكاثر وأيضاً الصفات الفسيولوجية والكيمحيوية. ويمكن تقسيم الخمائر على أساس طرق التكاثر إلى أربع مجاميع يهمن فى مجال الأغذية مجموعتان هما :

أولاً - مجموعة تنتج أبواغاً أسكية وتنديع *Ascomycotina* وتتلقى للخمائر الحقيقية وسوف نناقش أهم سبعة أجناس منها.

ثانياً - مجموعة لا تتكاثر جنسياً وتتبع *Deuteromycotina* (الفطريات الناقصة) وتسمى بالخمائر الكاذبة وسوف تناقش أهم أربعة أجناس منها .

وفيما يلي نبذة عن أهم الأجناس في مجال الأغذية مرتبة أبجدياً طبقاً للإسم العلمي وسوف يكتب الإسم العلمي القديم بين قوسين إذا لزم ذلك .

أولاً : الخمائر الحقيقية True yeast

1 - *Debaryomyces*

الخلايا الخميرة عادة دائرية أو كروية ويحدث التكاثر بواسطة التبرعم الجانبي المتعدد multilateral أما للتكاثر الجنسي فيتم عن طريق تكوين الأبواغ الأسكية وذلك نتيجة إتحاد الخلية الأصل مع البرعم . والأبواغ الأسكية الناتجة تكون دائرية أو بيضاوية وعادة يوجد 1 - 2 بوع داخل الكيس الأسكي .

وقدرة هذه الخمائر على التخمر ضعيفة أو بطيئة أو منعدمة ولا يمكنها عمل تمثيل حوى للنيترات وأنواع هذا الجنس من أكثر أنواع الخمائر انتشاراً في تكوين فيلم أو طبقة رقيقة على سطح الأغذية المحفوظة في محاليل ملحية . يشارك أفراد هذا الجنس في فساد عيش الغراب، الجبن، مهورس الطماطم، والسجق . ومن أشهر الأنواع *D. hansenii* (*D. kloekeri*) وهذا النوع له مقاومة عالية للملح حيث يمكنه النمو على بيشات تحتوى 18-20 % ملحاً ويشارك هذا النوع في فساد الجبن والسجق وعجينة الطماطم وغيرها من الأغذية .

2 - *Hanseniaspora*

الخلايا ليمونية الشكل إلى بيضاوية أو بيضاوية طويلة وهي دائماً ثنائية الكروموسوم diploid حيث تعتبر هذه الخمائر مرحلة من تكوين الأبواغ الأسكية للجنس *Kolekera* . البراعم المتكونة بواسطة أفراد *Hanseniaspora* تكون ثنائية الطرف . والقوة التخمرية لهذه الخمائر عالية ولكن مقاومتها للكحول ضعيفة (4 - 6 %) يشارك أفراد الجنس في تخمير وفساد الفاكهة .

3 - *Hansenula*

تتكاثر أفراد هذا الجنس لاجنسياً بالتبرعم الجانبي المتعدد وجنسياً بتكوين الأبواغ الأسكية التي تتميز بشكل يشبه القبة، وهذه الخمائر لها قدرة على تكوين ميسيليوم. يوجد تشابه في الشكل للظاهري بين أفراد هذا الجنس وأفراد الجنس *Pichia* غير أن لأفراد هذا الجنس قدرة تخميرية أعلى من أفراد الجنس *Pichia*. كما أن أفراد هذا الجنس لها القدرة على التمثيل الحيوي للنيترات.

عزلت أنواع من هذا الجنس من الحبوب، الفاكهة، التجميري، المحلول الملحي للخيار والزيتون المملح.

4 - *Kluyveromyces*

الخلايا دائرية أو إسطوانية وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبي المتعدد. لها قدرة تخميرية عالية ولها القدرة على النمو بين 5 - 46°م (41 - 115°ف) وبعض أنواع هذا الجنس محبة للتركيزات العالية من السكر *osmophiles*.

وجنت هذه الخمائر في الكثير من الأغذية مثل الفاكهة واللبن ومنتجاته وتسبب فساد اللبن ومنتجات الألبان.

5 - *Pichia*

الخلايا لها أشكال متعددة عادة بيضاوي إلى إسطواني وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبي المتعدد وجنسياً بواسطة تكوين الأبواغ الأسكية التي تكون مستديرة عادة أو على شكل القبة ويوجد 4 أبواغ في كل كيس أسكي كما أن معظم الأنواع تكون ميسيليوم كاذباً. تسبب فساد الفاكهة، منتجات الألبان، ويمكنها التواجد في صورة فيلم أو قشرة على الأغذية المحتوية محاليل ملحية.

6 - *Saccharomyces*

الخلايا دائرية أو إسطوانية أو مستطيلة أو على شكل جسم مقطوع *ellipsoidal*، وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبي المتعدد وجنسياً بالأبواغ الأسكية التي تتواجد بواقع 1 - 4 بوغ في

كل كيس أسكى، قد تكون ميسليوم كاذباً ولكنها لا تكون ميسليوم حقيقياً.

تظهر المستعمرات على البينات المحتوية على الآجار بيضاء أو ذات لون كريمي وتتميز برائحة للخميرة المذاقية. والإسم *Saccharomyces* يعنى خميرة السكر، وكل أنواع هذا الجنس لها قدرة تخميرية عالية. هذه الخمائر واسعة الانتشار والتوزيع ويمكنها إحداث فساد الفاكهة ومنتجاتها، السكر، العسل، المايونيز، منتجات الألبان، وبعض الأغذية المخمرة مثل الخبز المخال. وقد تم تغيير الإسم العلمى لبعض أفراد هذا الجنس نذكر منها :

<i>S. baillii</i>	يصبح (<i>S. uvarum</i>)
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	يصبح (<i>S. fragilis</i>)
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	يصبح (<i>S. rouxii</i>)

Schizosaccharomyces - 7

تتميز أفراد هذا الجنس بتكاثرها لاجنسياً عن طريق الانقسام وليس التبرعم أما التكاثر الجنسي فيكون عن طريق تكوين الأبواغ الأسكية برافع 4 - 8 بورغ لكل كيس أسكى وقد تكون الخلايا ميسليوم حقيقياً يتكسر إلى أبواغ أرثروبية *arthrospores* ويتراوح شكل الخلايا بين الكروي إلى الإسطوانى.

ترتبط هذه الخمائر بفساد الفاكهة مثل البرقوق والتين كما تسبب فساد الزبيب والمولاس والعسل الأسود.

ثانياً : الخمائر الكاذبة False yeast

Candida - 1

يضم هذا الجنس عدداً كبيراً من الخمائر وهو يحوى الأطوار الناقصة *imperfect forms* للخمائر المكونة للجراثيم الأسكية التابعة للأجناس *Hansenula - Debaryomyces - Saccharomyces - Pichia - Kluyveromyces*. الخلايا كروية، إسطوانية، بيضاوية، أو مستطيلة. تكون كل الأنواع ميسليوم كاذباً والبعض يكون ميسليوم حقيقياً والبعض الآخر له القدرة على تكوين أبواغ كلاميدية *chlamydospores*. تنتشر الكائنات التابعة لهذا الجنس

انتشاراً واسعاً حيث تتواجد في الدربة والماء والهواء والنباتات والحشرات والحيوان والإنسان ومياه المجارى وأجهزة التصنيع والمنتجات الغذائية .

تحدث فساد لكثير من الأغذية مثل الفاكهة الطازجة والخضروات ومنتجات الألبان وتكون ريماً (فيلماً) على المحاليل الملحية للزيتون وللخيار المخلل والأنواع المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة تكون سائدة في عصائر الفاكهة . وبعض الأنواع تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان .

Rhodotrula - 2

الخلايا كروية إلى بيضارية ومستطيلة وتتكاثر بالتبرعم الجانبي المتعدد وأفراد هذا الجنس غير مخمرة للكربوهيدرات ولها القدرة على تكوين صبغات تنتمي للصبغات الكاروتينيدية carotenoid وتسبب فساد لون الأغذية حيث تسبب بقعاً ملونة على اللحم أو مساحات لونها وردي في الكرنب المخلل saurkraut .

Torulopsis - 3

يشمل هذا الجنس مجموعة غير متجانسة من الخمائر الكاذبة أو الناقصة، تتكاثر الخلايا بالتبرعم الجانبي المتعدد وليس لها القدرة على تكوين ميسليوم ومستعمراتها عادة بيضاء أو ذات لون كريمي ولا تكون أصبغاً ويمكنها تحمل تركيزات من كلوريد الصوديوم تتراوح بين 2% إلى 21% على حسب الأنواع. تسبب لزوجة مطح الجبن للقرش وتفسد اللحم المبرد والقشدة والزبد واللبن المكثف المحلى ومركزات عصائر الفاكهة كما يمكنها النمو على المحاليل المنحية لكثير من الأغذية .

Trichosporon - 4

تتواجد الخلايا في أشكال مختلفة وتتكاثر بالتبرعم الجانبي المتعدد ويمكنها تكوين ميسليوم حقيقياً وأبواغاً آرثرورية arthrospores كما يمكنها تكوين ميسليوم كاذباً عن طريق الخلايا المتبرعمة . تنمو أفراد هذا الجنس جيداً على درجات الحرارة المنخفضة . وجدت في الكثير من الأغذية مثل الجمبرى الطازج - الكابوريا - اللحم - للزبد - الجبن - الفاكهة - عصير الفاكهة .

13- 4 تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة

13- 4- 1 مصادر التلوث :

لما كانت الأحياء الدقيقة لا تتولد ذاتياً فإنه لا بد أن تكون قد لوّثت الغذاء أثناء إنتاجه، حصاده، تداوله، تصنيعه، تخزينه، توزيعه، و / أو إعداده للاستهلاك. وبالتالي فإن الأحياء الدقيقة المتواجدة على أو في غذاء معين (الفلورا الميكروبية) *microbial flora* هي محصلة الأحياء الدقيقة المصاحبة للمادة الخام وتلك الأحياء الدقيقة المكتسبة أثناء تداوله وتجهيزه والأحياء الدقيقة التي أمكنها أن تحيا بعد أى معاملة حفظ وتخزين لهذا الغذاء.

وفيما يلي عرض لأهم مصادر تلوث الأغذية :

أولاً : التربة

التربة هي المصدر الطبيعي لكثير من أنواع الأحياء الدقيقة التي تتواجد بكميات هائلة في التربة. ونجد أن عدد الأحياء الدقيقة يكون أعلى بالقرب من سطح التربة ثم يتناقص بزيادة عمق التربة. ويختلف نوع وعدد الأحياء الدقيقة باختلاف نوع التربة والظروف البيئية المحيطة، فالتربة الرملية والصحراء بها أعداد قليلة بينما تتواجد أعداد ضخمة من الأحياء الدقيقة (10^{10} / جم تربة) في التربة الخصبة. ونجد أن البكتريا تنمو في العدد الفطريات من أعفان (تتواجد في صورة أبواغ عادة) وخمائر، وأهم أجناس البكتريا الشائعة في التربة ما يلي *Clostridium* ، *Bacillus* ، *Arthrobacter* ، *Alcaligenes* ، *Pseudomonas* ، *Micrococcus* ، *Flavobacterium* ، *Corynebacterium* ، *Streptomyces* ،

تتلوث المحاصيل الدرنية والجزرية بالأحياء الدقيقة ندجة الملامسة المباشرة للتربة وعند إنتشار التراب بواسطة الهواء أو غسل الأتربة بواسطة الماء بعد سقوط الأمطار فإنه يحدث تلوث لبعض المحاصيل التي تنمو قريباً من سطح التربة مثل الفراولة والفول والكرنب والبسلة، ولا شك أن نوع وعدد الميكروبات على المحاصيل يتأثران بدرجة تلوث التربة التي تنمو فيها هذه المحاصيل. وقد زاد الحصاد الميكانيكي من كمية التلوث من التربة بالإضافة إلى تجريحه للفاكهة والخضروات؛ كما أن تلوث الحبوب يحدث أساساً أثناء حصادها.

أما الخمريسيات الموجودة في البحار فإن أعداد الأحياء الدقيقة بها يتراوح

بين 10^4 - 10^9 / جم، وطبعاً تكون أعداد الأحياء الدقيقة كبيرة بالقرب من الشاطئ مقارنة بالأمكن العتيقة، وأهم أجناس البكتريا الموجودة فى هذه الترسبيات ما يلى :

Vibrio , *Pseudomonas* , *Escherichia* , *Chromobacterium* , *Bacillus* , *Aeromonas*

وهذه الترسبيات تعتبر مصدراً لتلوث المياه والأسماك والحيوانات الصدفية المائية.

ثانياً : الماء

تحتوى الأمطار على الأحياء الدقيقة التى تم غسلها من الهواء ويسقط الماء على الأرض يحدث له تلوث أكثر بواسطة ميكروبات التربة . وفى المحيطات والبحار نجد أن للميكروبات تكون أكثر عدداً فى المياه بالقرب من الشاطئ.

يزداد تلوث المياه - خاصة بالبكتيريا المعوية - بإلقاء المخلفات فيها وتؤخذ البكتريا *E. coli* ومجموعة بكتريا القولون ذات الأصل البرازى *fecal coliforms* كدليل لتلوث المياه بالبراز خاصة فى الأجواء المعتدلة . وهذه الأحياء الدقيقة تموت بسرعة فى مياه الأنهار نظراً لانخفاض درجة الحرارة ووجود أشعة الشمس ووجود بعض المواد السامة لها ونقص المغذيات، ومع ذلك مازالت المياه هى أهم مصدر ناقل للكائنات التى تسبب اضطرابات معوية معدية للإنسان.

والأحياء الدقيقة التى تمثل القلوراً للميكروبية الطبيعية للمياه هى كما يلى :

<i>Bacillus</i>	,	<i>Alcaligenes</i>	,	<i>Aeromonas</i>
<i>Klebsiella</i>	,	<i>Flavobacterium</i>	,	<i>Corynebacterium</i>
<i>Streptococcus</i>	,	<i>Pseudomonas</i>	,	<i>Micrococcus</i>

تلوث الأغذية عن طريق الماء :

يلابس الماء الغذاء أثناء إنتاجه وحصاده وتصنيعه وبالتالي يحدث تلوث لهذه الأغذية وفيما يلى بعض الأمثلة :

1- استخدام ماء ملوث أو مياه المجارى غير المعاملة فى الزرى يؤدى لتلوث الخضروات والفاكهة بميكروبات ممرضة وهذا يشكل خطورة على الصحة العامة.

3 - استخدام مياه ملوثة في غسيل الخضروات والفاكهة (التي تؤكل نيئة) قد يؤدي لانتقال الميكروبات الممرضة.

3 - إذا كانت المياه المخصصة لشرب الحيوانات ملوثة بميكروبات ممرضة فإنها قد تصبح خطرة صحياً على الإنسان الذي يتعامل مع الحيوان وقد يؤدي أيضاً لحدوث تلوث للذبيحة بعد ذبح الحيوان.

4 - تصاد الأغذية البحرية من الماء ونجد أن الأحياء الدقيقة الموجودة في الماء تلوث سطح وخياشيم وأمعاء الأسماك وتلوث الحيوانات الصدفية المائية، والأخيرة عندما تتغذى فإنها ترشح كمية كبيرة من الماء وتتركز الأحياء الدقيقة داخلها، وهذه الحيوانات الصدفية المائية تتواجد عادة في المياه القريبة من الشاطئ وبالتالي تكون عرضة للتلوث من الماء الذي يصب في البحر حاملاً معه ميكروبات الذرية والميكروبات الموجودة في مياه المجاري وطبعاً تتأثر الخطورة في حالة تلوث المياه بالميكروبات الممرضة فتتركز داخل الحيوانات الصدفية.

5- استخدام الثلج في تبريد بعض الأغذية (الأسماك مثلاً) حيث يحدث انتقال الأحياء الدقيقة من الثلج إلى المواد الغذائية والعكس ولا يصح إعادة استخدام هذا الثلج لأنه أصبح ملوثاً.

6- يستخدم الماء في تصنيع الأغذية وبالتالي قد يصبح مصدراً لتلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة حيث يدخل الماء في كثير من الخطوات التحضيرية لمعظم الأغذية (الفصل، النقل، السلق، السفع scalding، وتبريد العلب ... وسوف يتم مناقشة تأثير الخطوات التحضيرية على القلورا الميكروبية لاحقاً).

كما يستخدم الماء في تنظيف المعدات والمباني والأرضيات في المصنع كما يدخل في الصناعة كمكون محتاف (وهذا يكون مصدراً مباشراً للتلوث). لذلك يجب مراعاة الشروط الواجب توافرها في المياه المستخدمة في مصانع الأغذية وهي شروط تفوق تلك المتوافرة في مياه الشرب.

ثالثاً : الهواء

تظل الأغذية معرضة للتلوث من الهواء حتى تمأ في عبوات مغلقة. ونجد أنه لا توجد

للغواء فلورا ميكروبية طبيعية خاصة به ولكنه يكتسبها من مصادر متعددة ويصفى عامة نجد أن أبواغ الأعفان (خاصة التابعة للأجناس *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*) تسود فى الغواء بالمقارنة بباقى الأحياء الدقيقة. وقد وجد أن النباتات المتعفنة بالقرب من سطح الأرض هى أهم مصادر الأحياء الدقيقة (خاصة أبواغ الأعفان) الموجودة فى الغواء، حيث تقوم الرياح بالنقاط هذه الأبواغ، كما وجدت أعداد قليلة من خلايا الخميرة وهذه تكون فى طبقات الغواء القريبة من مستوى سطح الأرض وجدير بالذكر أن نوع الأحياء الدقيقة الموجودة فى الغواء يرتبط بنوع النشاط الموجود فى المنطقة فمثلاً نجد *streptococci* بالقرب من مصانع الألبان فى حين أن الخمائر تكون بالقرب من المخازن.

أما بالنسبة لشدة تلوث الغواء بالأحياء الدقيقة، فقد وجد أن الغواء القريب من الأرض يكون أكثر تلوثاً من ذلك الموجود فى الطبقات الأعلى والغواء الموجود فوق سطح الأرض يكون أكثر تلوثاً من الغواء الموجود فوق المحيطات. كما أن سقوط الأمطار والبرد يغسل الغواء ويقتل من الأحياء الدقيقة الموجودة به. ويكون الغواء أكثر تلوثاً فى الصيف عنه فى الشتاء.

والجدير بالذكر أن الأحياء الدقيقة غير قادرة على التكاثـر فى الغواء ولكنها قد تبقى حية وذلك يتوقف على عدة عوامل مثل الرطوبة النسبية والأكسجين والطاقة الشمسية .. لذلك فلا غرو أن نجد أن أبواغ الأعفان تسود الفلورا الميكروبية للغواء.

وفى مصانع الأغذية نجد أن الحمل الميكروبي للغواء يزداد أثناء عمليات التصنيع نتيجة لتكون الهباء الجوى aerosols أثناء الغسيل أو التبريد بالرـش أو أثناء تنظيف الأماكن بواسطة الرش بالضغط العالى أو بواسطة الخلاطات أو تشغيل المحركات، كذلك فإنه ينتج رذاذ من العاملين فى المصنع نتيجة الكحة والعطس وأيضاً حركة العاملين والمعدات والمواد للغام... تؤدى لعمل تيارات من الغواء مما يزيد الحمل الميكروبي للغواء داخل المصنع.

توجد اختلافات جوهرية فى للحمل الميكروبي للغواء فى المناطق المختلفة فى المصنع ففى المناطق النظيفة يوجد عدد قليل من الأحياء النقيفة فى الغواء بينما فى المناطق التى يتم فيها تداول الحيوانات الحية أو مناطق لسلام لسلام المواد الخام فإن الحمل الميكروبي للغواء يكون عالياً، لذا ينصح دائماً بأن تكون حركة الغواء داخل المصنع من المناطق النظيفة إلى

المناطق غير النظيفة أو يحتفظ بضغط عالٍ في المناطق النظيفة وبالتالي فعدد فتح الأبواب يخرج الهواء من هذه المناطق ولا يدخل هواء من الخارج إليها.

رابعاً : النباتات

تتلوث النباتات من مصادر متعددة مثل التربة والماء والهواء والمخصبات والحيوان والإنسان، وبمجرد تلوثها فإن أحياء دقيقة معينة يمكنها النمو على أسطح النبات كما يمكن للأحياء الدقيقة الممرضة للنبات أن تهاجم عوائلها hosts من النباتات .. ومن ثم فإن الفلورا الميكروبية على سطح النباتات تتوقف على نوع النبات نفسه فمثلاً نجد أن أنواع *Pseudomonas* خاصة *P. aeruginosa* تكون سائدة على الخضروات بينما أزهار الفاكهة يكون عليها العديد من أجناس الفطائر مثل :

Torulopsis , *Saccharomyces* , *Rhodotorula* , *Hansenula* , *Candida*

وعلى الرغم من أن الأنسجة النباتية الداخلية تعتبر خالية من الأحياء الدقيقة أو بها عدد قليل جداً منها فإنه يوجد بعض البزوايين على إمكانية تلوث الأنسجة النباتية الداخلية فقد وجد أن بعض الخضروات تعتبر مأوى لبعض الأحياء الدقيقة خاصة في تراكيب مثل القرون (مثل الفول) والرؤوس (مثل الخس) .

وبالتالي فإن النباتات الحية قد تكون مصدراً للأحياء الدقيقة .. وعندما تموت النباتات ويحدث لها تحلل فإنها تصبح مصدراً هاماً لتلوث الهواء والتربة والماء وهذه بدورها تلوث النباتات في دورة تالية (عام لاحق) وهكذا ..

خامساً : الحيوانات

نجد أن الحيوانات لها فلورا ميكروبية طبيعية خاصة بها بالإضافة لاحتوائها على أنواع من الأحياء الدقيقة من الوسط المحيط بها حيث أنها تتلوث من التربة والماء والهواء والعلائق والروث .. وتعتبر الحيوانات بمثابة مأوى للأحياء الدقيقة الممرضة وتلك المسببة لفساد الأغذية . وتوجد الأحياء الدقيقة في أماكن كثيرة من جسم الحيوان مثل القناة الهضمية والتجريف الأنفي والجلد والشعر والأقدام والحوافر والقرون .. وهذه الأحياء الدقيقة تنتقل إلى الجزء المأكول من اللحم أثناء المعاملات التصنيعية .

والجدير بالذكر أن الأنسجة الممنالية لمعظم الحيوانات السليمة تعتبر خالية من الميكروبات ولكن يحدث لها تلوث أثناء عمليات الذبح والسلخ والتفطير والفرم، كذلك يمكن أن يحدث تلوث من مصادر داخلية مثل العقد الليمفاوية، أما المنتجات الحيوانية مثل اللبن والبيض فعدد إنتاجها تعتبر خالية من الأحياء الدقيقة، فاللبن يفرز به عدد قليل جداً من الأحياء الدقيقة لكن يحدث له تلوث من قنوات حلمات الصرع وسطحه ثم يزداد التلوث أثناء تداوله. كذلك ينتج البيض عادة خالياً من الأحياء الدقيقة إلا في حالات نادرة حيث تصل بكتريا *Salmonella* إلى مبيض الدجاجة وتلوث المح قبل تكوين البيض، أما معظم البيض فيعتبر معقماً عند إنتاجه والتلوث الميكروبي يحدث على القشرة الخارجية نتيجة ملامسة البيض لريش وأقدام وجسم ورياز الدجاج ثم التداول والتخزين.

تقوم الحشرات والقوارض والطيور بنقل الأحياء الدقيقة للأغذية كما تقوم أيضاً بتحطيم الأغذية الواقية للمادة الغذائية فتحطها أكثر عرضة للفساد كما أن هذه الحيوانات تعتبر مصدراً خطيراً لنقل الميكروبات للممرضة للإنسان خلال الغذاء.

ماداماً : الإنسان

يعتبر الإنسان مصدراً هاماً لتلوث الأغذية وذلك خلال تداوله لهذه الأغذية وتكمن الأحياء الدقيقة في عدة مناطق في جسم الإنسان أهمها الجلد والشعر (شعر الجلد والرأس واللحية والشارب) والأنف والتجويف الفموي والحلق والقناة الهضمية .. فمثلاً نجد أن جلد الإنسان لا يكون خالياً أبداً من الأحياء الدقيقة، وغسيل الجلد يزيل معظم الأحياء الدقيقة التي تنتقل إلى الجلد من مصادر التلوث ولكنه لا يزيل كل الفلورا الميكروبية الطبيعية، وقد وجدت البكتريا *S. aureus* كفلورا طبيعية في نسبة عالية من الأشخاص المعادين وهي تتواجد على الأيدي والوجه وبصفة خاصة في تجويف فتحتي الأنف.

وجد أن كثيراً من الميكروبات الممرضة تنتقل من الإنسان (حامل الميكروب) إلى الغذاء لذا فإن تداول الإنسان للأغذية المعاملة حرارياً (المطبوخة أو المبسترة) والتي تحفظ لفترة قصيرة ثم تزكّل دون معاملة حرارية ثانية يشكل خطورة على الصحة العامة. ومن أهم الأحياء الدقيقة التي ينقلها الإنسان للغذاء *Enterobacteriaceae*

. *Streptococcus*, *S. aureus*

يعتبر إهمال الإنسان من أهم أسباب حدوث تلوث الغذاء .. فالفشل أو الإهمال في التنظيف والتطهير الجيد للمعدات، الإهمال في غسل الأيدي، عدم اتباع العادات الصحية الشخصية السليمة، عدم حفظ الغذاء على درجات الحرارة المناسبة .. تلك كلها عوامل تؤدي لزيادة تلوث الغذاء .

سابعاً : علائق الحيوان ومخلفات الحيوان ومياه المجارى

تتلوث أقدام وشعر وريش للحيوان بالأحياء الدقيقة الموجودة في الطليقة، كما أن تناول الحيوان للعليقة بضيف أحياء دقيقة لجهاز الهضمي وإذا احتوت الطليقة على أحياء دقيقة ممرضة مثل *Salmonella* فإنها تسبب أمراضاً للحيوان ومن ثم يحدث تلوث للذبيحة أثناء الذبح .

عندما يستخدم روث الحيوان أو مياه المجارى غير المعاملة كمخصبات للتربة فإن ذلك يؤدي لتلوث المحاصيل الناتجة بالأحياء الدقيقة خاصة الأحياء الدقيقة الممرضة بسبب انتقال الأحياء الدقيقة الممرضة من الروث أو مياه المجارى إلى التربة وقد تظل الأحياء الدقيقة الممرضة حية في التربة لفترة تكفي لتلوث المحاصيل الناتجة .. وفي حالة الخضروات والفاكهة التي تؤكل نيئة فإن ذلك يصبح مصدراً لانتشار الأمراض .

ثامناً : الأدوات والمعدات المستخدمة أثناء تصنيع الأغذية

تقوم الآلات في عصرنا الحالي بمعظم الأعمال التي كان يقوم بها الإنسان وذلك نتيجة للثورة الصناعية وبالتالي فإن ملامسة الغذاء للإنسان قد قلت بينما زادت ملامسة الغذاء للآلات والمعدات، وفي مصانع الأغذية نجد أن الأغذية تلامس وتتلوث من الأدوات والمعدات الكثيرة أثناء عملية التصنيع وذلك مثل السكاكين والمناشير وآلات التقشير والتقطيع وعمل الشرائح والمفارم وأبواب نقل المواد السائلة والسيور الناقلة وآلات الملء .. لذلك يجب العناية بتنظيف وتطهير هذه الأدوات والمعدات، كذلك يجب العناية الفائقة بتنظيف وتطهير الأدوات المستخدمة في المنازل والمطاعم والمدارس حيث أن معظم حالات انتشار التسمم الغذائي تحدث في هذه الأماكن .

تاسعاً : المكونات المضافة

تعتمد جودة الغذاء المصنع إلى حد كبير على جودة المكونات المضافة ingredients، وعلى الرغم من أن المكونات المضافة قد تمثل جزءاً صغيراً من مكونات الغذاء إلا أنها قد تصنيف أعداداً كبيرة من الأحياء الدقيقة للغذاء، وعلى ذلك فإنه عند شراء المكونات المضافة يجب التأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية شاملة المواصفات للميكروبيولوجية. فعلاً نجد أن التوابل تحتوي على أعداد ميكروبية ضخمة قد تصل إلى 10^8 من البكتريا الهوائية / جرام بالإضافة لأعداد كبيرة من أبواغ الأحياء الدقيقة الهوائية واللاهوائية. كذلك نجد أن البكتريا المعبة لدرجات الحرارة العالية والمكونة للأبواغ تنتقل إلى الغذاء (في صورة أبواغ) عن طريق المكونات المضافة (النشا، الحقيق، السكر، التوابل)، وهذه الأبواغ هامة في حالة الأغذية المعلبة فكما زادت أعدادها زادت الفرصة لبقائها حية بعد المعاملة الحرارية ومن ثم تسبب فساد الأغذية المعلبة. أيضاً يعزى وجود الخمائر المعبة للضغط الإسموزي العالي osmophilic yeast في منتجات الحلوى للتلوث من المكونات المضافة مثل المكسرات أو الفاكهة أو الشيكولاته.

وغنى عن القول أن نوع الأحياء الدقيقة الموجودة في المكونات المضافة يكون أكثر أهمية من العد الكلى الموجود، فالأحياء الدقيقة المسببة للفساد وتلك الممرضة هي أول ما يؤخذ في الاعتبار. وبالرغم من ذلك فإنه يفترض - ولأنه غير صحيح في كل الحالات - أن المكونات المضافة التي بها حمل ميكروبي عالى جداً يكون احتمال تلوثها بالأحياء الدقيقة المسببة للفساد والممرضة أكثر من تلك التي بها حمل ميكروبي منخفض جداً.

عاشراً : ملامسة ناتج لناتج

تنتقل الأحياء الدقيقة من غذاء لآخر عن طريق غير مباشر (التداول والمعدات) أكثر من انتقالها مباشرة نتيجة تلامس غذاء مع غذاء آخر، فعند تداول كل من غذاء نقي وآخر مطهى بواسطة نفس الأشخاص فإنهم قد ينقلون الميكروبات من الغذاء النقي إلى الغذاء المطهى الأمر الذى قد يسبب خطورة صحية إننا ثم تداول هذا الطعام المطهى دون معاملة أخرى، كذلك فإن ربات البيوت اللاتي يستعملن طاولة التقطيع cutting board لتقطيع الدجاج النقي مثلاً ثم يستخدمن نفس الطاولة لتجهيز السلطة قد يتسببن في

نقل *Salmonella* من الدجاج إلى الخضروات.

حادى عشر : العبوات

تعتبر العبوات مصدراً من مصادر التلوث، فمثلاً يحدث تلوث للغذاء من الزجاجات خاصة تلك التي يتم إعادة استخدامها . كذلك فإن العبوات البلاستيك المستخدمة فى تعبئة الكثير من الأغذية قد تكون مصدراً من مصادر التلوث حيث أنه أثناء تصنيع هذه العبوات قد ينتج عليها شحنة كهربية ساكنة (استاتيكية) وهذه الشحنة تجتذب بعض المواد الموجودة فى الهواء مثل الغراب والأحياء الدقيقة . لذلك يجب للتأكد من نظافة العبوات والتأكد من عدم تلوثها أثناء تخزينها وعدم استخدامها أكثر من مرة .

والجدير بالذكر أن العبوة تعمل كغطاء واقى للمادة الغذائية وتمنع وصول الأحياء الدقيقة إليها من الوسط الخارجى ولكنها لا تمنع النمو الميكروبي داخل الغذاء لذا يجب أن يتم التخطيط لمنع أو تثبيط النمو للميكروبي بطريقة من طرق حفظ الغذاء قبل تعبئة الغذاء فى العبوات .

والجدير بالذكر أنه قد يحدث تبادل للأحياء الدقيقة بين هذه المصادر فمثلاً نجد أن الحيوانات تلوث التربة بفضلاتها ثم تأتى الأمطار لتغسل أو تنقل هذه الأحياء الدقيقة إلى الأنهار ثم تستخدم مياه النهر فى رى النباتات فيحدث لها تلوث .. وهكذا يحدث تبادل للأحياء الدقيقة بين مصادر التلوث المختلفة .

يمكن عن طريق دراسة مصادر التلوث أن نتحكم فى التلوث وجعل الحمل الميكروبي على أوفى الغذاء أقل ما يمكن ونقل من فرص تواجد الأحياء الدقيقة الممرضة فى الأغذية ويكون من الأسهل القضاء على أو تثبيط نشاط الأحياء الدقيقة بطرق الحفظ المختلفة .

13- 4- 2 تأثير خطوات التصنيع التحضيرية على الفلورا الميكروبية

يمر الغذاء بخطوات تصنيع تحضيرية بغرض إعداده للحفظ بطرق الحفظ المختلفة وخطوات التصنيع هذه تؤثر على الفلورا الميكروبية بالزيادة أو بالنقصان أو/والانتقاء selection وفيما يلى عرض لتأثير أهم خطوات التصنيع التحضيرية على الفلورا الميكروبية:

أولاً : النقل

تزداد الفلورا الميكروبية أثناء نقل المواد الغذائية للأسباب التالية: حدوث تلوث من ملامسة وحدات الغذاء بعضها لبعض، تلوث من المبروات إذا كانت غير نظيفة ومطهرة بالإضافة لاحتمال حدوث تلف ميكانيكى أثناء عملية النقل. لذلك فإن النقل بدون تبريد يعتبر بمثابة عملية تحضين للأحياء الدقيقة ويشجع من نموها وتكاثرها لذا ينصح بنقل الأغذية على درجات حرارة منخفضة وفي أقصر وقت ممكن.

ثانياً : التخزين

تخزين الأغذية التى بها نسبة رطوبة كافية لنمو الأحياء الدقيقة يعطى الفرصة لنمو وتكاثر هذه الكائنات خاصة إذا كانت درجة الحرارة مناسبة وذلك يؤدى لزيادة الحمل الميكروبى، بينما نجد أن الحمل الميكروبى ينقص قليلاً فى حالة تخزين الأغذية الجافة خاصة أثناء الفترة الأولى من التخزين.

ثالثاً : الغسيل

يؤدى إجراء الغسيل بالطريقة السليمة إلى خفض الحمل الميكروبى. ويجب التأكد من تمام عملية الغسيل جيداً وإلا حدث تلوث فمثلاً إذا لم يتم غسيل الخضروات والفاكهة جيداً فإن الماء المستخدم فى الغسيل قد يعمل على إعادة توزيع الأحياء الدقيقة من الأماكن التى بها أعداد كبيرة من الأحياء الدقيقة أو الأجزاء الفاسدة إلى باقى مساحات الغذاء فيصبح كله ملوثاً. كذلك يجب عدم استخدام ماء ملوث أو ماء سبق استخلمه فى الغسيل وإلا أدى ذلك إلى زيادة الفلورا الميكروبية فى النوع والعدد. ولجدير بالذكر أن عملية الغسيل تؤدى إلى ترطيب سطح المادة الغذائية بدرجة تكفى لنمو الأحياء الدقيقة إذا ترك الغذاء فترة طويلة لذلك فإنه يجب عدم ترك الغذاء فترة طويلة بعد عملية الغسيل.

رابعاً : الفرز والتشذيب

تؤدى كل من عمليتى الفرز والتشذيب إلى تقليل الحمل الميكروبى حيث أن الغرض من عملية الفرز إزالة الرحجات التالفة أو غير المناسبة للتصنيع، والغرض من التشذيب إزالة الجزء غير المأكول أو إزالة الأجزاء التالفة أو الملوثة.

خامساً : التنقيح

يؤدى إلى تقليل الحمل الميكروبي نتيجة إزالة التلوث السطحي.

سادساً : السلق

يؤدى إلى تقليل الحمل الميكروبي حيث يتم القضاء على معظم الأحياء الدقيقة المسببة للفساد والممرضة، وفي نفس الوقت تحدث عملية انتقاء خاصة للأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة والمكونة للأبراغ والتي تنمو وتتكاثر دون منافس إذا توافرت لها الظروف.

سابعاً : التقطيع

يؤدى التقطيع إلى زيادة الفلورا الميكروبية ويعزى ذلك إلى زيادة السطح المعرض من المادة الغذائية وزيادة نسبة الرطوبة على تلك الأسطح مما يوفر الفرصة لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة وذلك بالإضافة إلى احتمال حدوث تلوث من الآلات والمعدات.

ثامناً : الطحن

يتم التخلص من الجزء الخارجى أثناء صناعة طحن الحبوب مما يؤدى إلى خفض الحمل الميكروبي.

تاسعاً : الذبح وإزالة الدم

يحدث تلوث زائد وتزداد الفلورا الميكروبية على الذبيحة ومن أهم مصادر التلوث السكاكين والمعدات والإنسان.

عاشراً : السلق Scalding

تتم هذه الخطوة فى صناعة الدواجن وهى سابقة لخطوة إزالة الريش، حيث يتم غمر الدجاج فى أحواض scald tanks بها ماء ساخن (53 - 61م) (127 - 142ف) وتؤدى هذه الخطوة إلى زيادة الفلورا الميكروبية على الذبيحة نظراً لحدوث تلوث ماء الغمر بالقاذورات من رؤوس وأرجل وريش وأيضاً براز الدواجن، وفي نفس الوقت يحدث انتقاء للأحياء الدقيقة حيث يتم القضاء على العديد من الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وتلك الممرضة ولكن يمكن

للأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة الدم والنكاث.

حادى عشر : السلع وإزالة الريش

يحدث تلوث للذبيحة أثناء هذه العمليات ولكن يتم التخلص من جزء كبير من التلوث الميكروبية التى كانت موجودة على جلد وريش الحيوانات.

ثانى عشر : إزالة الأحشاء

تؤدى إلى التخلص من أعداد ضخمة من الأحياء الدقيقة .. ويجب أن تتم بالطريقة السليمة وإلا حدث تلوث شديد للذبيحة.

ثالث عشر : القسرم

يؤدى قسرم اللحم إلى زيادة مساحة السطح المعرض وكذلك يفرج العصير الخلوى فيوزع الأحياء الدقيقة الموجودة على السطح خلال اللحم كله ويزداد الحمل للميكروبى.

رابع عشر : التسخين الإبتدائى

يؤدى لإهلاك الأحياء الدقيقة التى لا تتحمل هذه المعاملة الحرارية .

خامس عشر : تبريد العلب بعد المعاملة الحرارية

تتم عملية تبريد العلب - فى صناعة التعليب - باستخدام الماء، فى حالة وجود تنفيس فى العلب فإن أى أحياء دقيقة موجودة فى الماء المستخدم - ويمكنها النمو فى المنتج المعبأ - تسبب فساد هذا المنتج أو تسبب أمراضاً للإنسان (لأحياء دقيقة ممرضة) .

والجدير بالذكر أنه يجب مراعاة سرعة واستمرار خطوات التصنيع حتى لا تسمح بنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة على أوفى الغذاء.

13- 5 العوامل المؤثرة على الأحياء الدقيقة فى الغذاء

لكل غذاء مجموعة من الظروف يطلق عليها اسم العوامل الداخلية intrinsic parameters وهذه تتأثر بمجموعة أخرى من الظروف تسمى العوامل الخارجية extrinsic parameters وتؤثر هاتان المجموعتان معاً تأثيراً كبيراً على نوع وعدد الكائنات الحية الدقيقة

فى وعلى الغذاء كما تؤثران على النشاط الفسيولوجى لهذه الكائنات. وتشمل العوامل الداخلىة ما يلى : محتوى الغذاء من المغذيات - المحتوى الرطوبى - قيمة الأس الهيدروجينى - جهد الأكسدة والاختزال - للمركبات الطبيعية المضادة للكائنات الحية الدقيقة - التركيب البيولوجى للغذاء. أما العوامل الخارجية فتشمل : درجة حرارة التخزين - الرطوبة النسبية - تركيب غازات الوسط المحيط أثناء التخزين - طول زمن التخزين.

13-5-1 العوامل الداخلىة

13-5-1-1 محتوى الغذاء من المغذيات

نجد أن محتوى المغذيات (ماء - مصدر الطاقة للتفاعلات الميتابوليزمية - مصدر النتروجين - الفيتامينات وعوامل النمو والمعادن) فى أغذية مختلفة سوف يساعد نمو أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة حيث أن قدرة الكائنات الحية الدقيقة على الاستفادة من مركبات معينة وبناء المكونات اللازمة لها يعتمد على النظم الإنزيمية التى يمكن لهذه الأحياء تكوينها ولا شك أن ذلك يتوقف على الشفرة الوراثية genetic code الموجودة فى هذه الكائنات.

وبصفة عامة يمكن القول بأن الأغذية التى تعتبر مغذية للإنسان تعتبر أيضاً مصدراً جيداً للمغذيات اللازمة للأحياء الدقيقة فمثلاً اللبن واللحم لاحتوائهما على معظم المغذيات لذا يعتبران بيئة صالحة لنمو العديد من الكائنات الحية الدقيقة، بينما يعتبر الكرب مصدراً فقيراً فى المغذيات ولذلك يكون بيئة صالحة لنمو أحياء دقيقة محدودة مثل أفراد من *Lactobacillaceae*.

نجد أن كل مكون من هذه المغذيات له تأثيره على الأحياء الدقيقة :

أولاً - الكربوهيدرات : نجد أن الأغذية النشوية مثل الحبوب والبطاطس لا تسمح إلا بنمو الأحياء الدقيقة التى تنتج إنزيمات الأميليز خاصة تلك القادرة على تكسير النشا فى صورته الطبيعية (يصعب مهاجمة النشا فى صورته الطبيعية بواسطة الكثير من الإنزيمات للميكروبية المحللة للنشا بالمقارنة بالنشا المطبوخ). كما لا يمكن تكسير السيلولوز والبكتين الموجودين فى الخضروات إلا بواسطة الأحياء الدقيقة المنتجة للإنزيمات المحللة للسيلولوز والبكتين. كذلك

نجد أن اللاكتوز الموجود في اللبن لا يسمح إلا بنمو الأحياء الدقيقة التي يمكنها استهلاك اللاكتوز كمصدر للكربوهيدرات والطاقة مثل بعض الخمائر وبعض سلالات من *Enterobacteriaceae*.

ثانياً الليبيدات: وجود الليبيدات يشجع من سيادة الأحياء الدقيقة التي يمكنها تحليل الليبيدات.

ثالثاً - مصدر النيتروجين : تختلف الميكروبات في مقدرتها على الاستفادة من مصدر النيتروجين فبعضها ما يمكنه الاستفادة من النيتروجين في صورة نيتريت أو أمونيا لإنتاج الأحماض الأمينية اللازمة له ومنها ما يحتاج لوجود واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية في بيئة النمو (الغذاء) والبعض الآخر يمكنه تحليل الجزيئات الكبيرة المحتوية على النيتروجين (ببتيدات عديدة) لذا تسمى بالأنواع المحللة للبروتين *proteolytic species* والأخيرة تعطى الفرصة لكائنات أخرى (لها قدرة صناعية أو غير قادرة على تحليل الببتيدات العديدة) للاستفادة من نواتج تكسير الببتيدات العديدة كمصدر للنيتروجين. ويجب أن نلاحظ أن البروتينات المعقدة يصعب مهاجمتها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة باستثناء تلك الأحياء الدقيقة التي بها الكولاجيناز فهذه تلعب دوراً هاماً في هضام اللحم.

رابعاً - الفيتامينات: يظهر تأثير الفيتامينات (كأحد للمغذيات) على الأحياء الدقيقة في عدم قدرة الأحياء الدقيقة التي تحتاج لواحد أو أكثر من فيتامينات ب على النمو والتكاثر في الفاكهة (فقيرة في محتواها من فيتامينات ب) بل تنمو عليها الخمائر والأعفان القادرة على تخليق هذه الفيتامينات .. وعلى النقيض نجد أن الأغذية الحيوانية مثل اللحم (الغنية في محتواها من فيتامينات ب) تسمح بنمو الأحياء الدقيقة شديدة الحساسية *fastidious organisms* مثل *Lactobacillus*.

من ذلك يتضح أن التركيب الكيميائي للغذاء أو محتوى الغذاء من المغذيات سوف يؤثر على نوع الكائنات الحية الدقيقة التي سوف تنمو على هذا الغذاء كما يؤثر أيضاً على النواتج التي تتكون أثناء نمو هذه الكائنات.

13-5-1-2 المحتوى الرطوبي

يتطلب نمو الأحياء الدقيقة وكذا تفاعلاتها الحيوية وجود الماء في صورة متاحة .. ولما كان المحتوى الرطوبي يعبر عن الماء في صورته الحرة والمرتبطة لذلك يستخدم مصطلح نشاط الماء A_w water activity للتعبير عن الماء المتاح للكائنات الحية الدقيقة . (ويمثل نشاط الماء في غذاء ما النسبة بين ضغط بخار للماء في هذا الغذاء (P) إلى ضغط بخار الماء النقي (P_0) عند نفس درجة الحرارة).

نجد أن كل كائن من الأحياء الدقيقة له نشاط ماء أمثل لنموه وينخفض نشاط الماء عن الحد الأمثل يقل معدل نمو هذا الكائن إلى أن يصل نشاط الماء لحد الأدنى والذي يتوقف نمو الكائن بعده . وعموماً يمكن ترتيب الأحياء الدقيقة على حسب الحد الأدنى لنشاط الماء اللازم لها تنازلياً كما يلي : البكتيريا المسببة للأمراض ومعظم البكتيريا السالبة لصبغة جرام العصوية - معظم البكتيريا الكروية - معظم الخمائر - معظم الأعفان وبكتيريا *Staphylococcus aureus* - معظم البكتيريا المحبة للملوحة *halophilic bacteria* (بكتيريا غير قادرة على النمو في بيئة خالية من الملح وتحتاج لكمية من الملح للنمو ويتراوح تركيز الملح اللازم على حسب نوع البكتيريا من 3 - 5 % ومن 5 - 20 % ومن 20 - 30 % للبكتيريا المحبة للملوحة بدرجة بسيطة *slight halophiles* ومتوسطة *moderate halophiles* ومفرطة *extreme halophiles* على الترتيب) - الأعفان المحبة للجفاف *xerophilic moulds* (أعفان تنمو جيداً في وسط جاف أو في وسط به A_w أقل من 0.85) - الخمائر المحبة للضغط الإسموزي العالي *osmophilic yeasts* (خمائر تنمو في وسط إسموزي عالي وتنمو في التركيزات العالية من السكر) .

ويوضح جدول رقم 13 - 3 لحد الأدنى لنشاط الماء اللازم لنمو بعض الأحياء الدقيقة عند درجة حرارة نموها الأمثل.

جدول رقم 13 - 3 الحد الأدنى لنشاط الماء A_w اللازم لنمو بعض الأحياء الدقيقة

نشاط الماء	الاسم العلمي	نشاط الماء	الاسم العلمي
	3 - الأعفان		1 - البكتريا
0.78	<i>Aspergillus flavus</i>	0.95	<i>Bacillus cereus</i>
0.77	<i>A. niger</i>	0.90	<i>B. subtilis</i>
0.77	<i>A. ochraceous</i>	0.95	<i>Clostridium botulinum</i> (A)
0.93	<i>Botrytis cinerea</i>	0.95	<i>C. Perfringens</i>
0.61	<i>Monascus bisporus</i>	0.94	<i>Enterobacter aerogenes</i>
0.93	<i>Mucor plumbeus</i>	0.95	<i>Escherichia coli</i>
0.81	<i>Penicillium brevicompactum</i>	0.75	<i>Halobacterium halobium</i>
0.79	<i>P. chrysogenum</i>	0.94	<i>Lactobacillus plantarum</i>
0.80	<i>P. citrinum</i>	0.94	<i>Microbacterium</i> sp.
0.81	<i>P. cyclopium</i>	0.95	<i>Salmonella</i> sp.
0.83	<i>P. expansum</i>	0.86	<i>Staphylococcus aureus</i>
0.81	<i>P. patulum</i>	0.94	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>
0.81	<i>P. puberulum</i>		2 - الفطائر
0.81	<i>P. viridicatum</i>	0.83	<i>Debaryomyces hansenii</i>
0.93	<i>Rhizopus nigricans</i>	0.90	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
		0.62	<i>S. rouxii</i>

المصدر : معدل عن (Christian), In : ICMSF (1980a)

ومن ناحية أخرى فإن كل غذاء له نشاط ماء معين (كوسط لنمو الأحياء الدقيقة) ...
ففي الأغذية التي بها نشاط ماء 0.98 وأعلى - حيث يمكن لجميع الأحياء الدقيقة تقريباً
النمو - نجد أن نمو البكتريا يفوق نمو الفطريات لأنها أسرع بكتيريا في النمو من الأعفان

وأُسرع إلى حد ما في النمو من الخمائر وبالتالي فإن فساد هذه الأغذية تسوده البكتيريا. وفي الأغذية التي لها نشاط ماء أقل من 0.95 تسود للبكتيريا السالبة لصبغة جرام المعصوية متذبوعة بالبكتيريا الكروية وتلك الدابحة لـ *Lactobacilli* وهي مقاومة للضغط الأسموزي العالي نسبياً وعند نشاط ماء أقل من 0.85 يلحس الدور الذي تلعبه البكتيريا ومعظم الخمائر بينما تنمو الأعفان وتسود، وفي الأغذية التي بها تركيزات عالية من السكر تسود الخمائر المحبة للضغط الإسموزي العالي وفي الأغذية التي بها تركيز عالي من الملح تسود البكتيريا المحبة للملحة وعندما يكون نشاط الماء في أغذية جافة حوالي 0.75 تسود الأعفان المحبة للجفاف. ويوضح الجدول رقم 13 - 4 العلاقة بين المدى من نشاط الماء في الأغذية بالأحياء الدقيقة التي يمكنها النمو والتكاثر فيها.

جدول رقم 13 - 4 : العلاقة بين المدى من نشاط الماء في الأغذية بالأحياء الدقيقة التي يمكنها النمو والتكاثر في هذه الأغذية

المدى من نشاط الماء	أمثلة على أغذية لها نشاط ماء في هذا المدى	الأحياء الدقيقة التي يمكنها النمو والتكاثر في هذه الأغذية
0.98 وأعلى	اللحم والأسماك الطازجة - الخضروات والفاكهة الطازجة - الخبز.	الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وتلك المتلحجة للسموم.
0.93 إلى 0.98	لبن مبخر - عجينة طماطم - أسماك ولحوم مملحة بدرجة بسيطة - - لخبز - خبز.	يمكن للبكتيريا المتلحجة للسموم أن تنمو على الأكل في الأغذية التي لها A_w قريبة من الحد الأقصى.
0.93 إلى 0.85	لحم مجفف - لبن مكثف محلى، دقيق - حبوب - مكسرات.	الأعفان المتلحجة للسموم والبكتيريا <i>S. aureus</i> . أعفان محبة للجفاف.
0.85 إلى 0.6	مربات وجلى - فاكهة مجففة - أسماك مملحة.	خمائر محبة للضغط الإسموزي للعالي. بكتيريا محبة للملحة.
أقل من 0.6	شيكولاته - عمل - بسكويت - رقائق بطاطس محمرة (شيبس) - خضروات مجففة.	لا يمكن للأحياء الدقيقة للنمو والتكاثر ولكن يمكنها البقاء حية لفترة طويلة.

13- 5- 1- 3 قيمة الأس الهيدروجيني (pH value)

يستخدم اصطلاح قيمة الأس الهيدروجيني pH للتعبير عن اللوغاريتم السالب لنشاط (تركيز) أيون الهيدروجين في وسط ما. ونجد أن الأحياء الدقيقة لها حد أدنى وحد أعلى وحد أمثل من قيمة الأس الهيدروجيني لكي تنمو في وسط ما. معظم البكتيريا يكون الـ pH الأمثل لنموها قريباً من 7 لذلك تسمى محبة للوسط المتعادل neutrophiles وبعض البكتيريا تنمو أفضل في وسط يميل للحموضة البسيطة وذلك مثل البكتيريا المنتجة للأحماض من أفراد الجنس *Lactobacillus* والجنس *Streptococcus* (بكتيريا مقاومة للحموضة البسيطة aciduric or acid - tolerant) وقد يرجع السبب في ذلك إلى تثبيط نمو الأحياء الدقيقة الأخرى وبالتالي التخلص من التنافس الميكروبي في نفس الوسط. بينما تنمو البكتيريا المحللة للبروتين والناجمة للجنس *Pseudomonas* في وسط يميل للقوية البسيطة. ومن ناحية أخرى يوجد بعض البكتيريا التي يكون نموها الأمثل في وسط شديد للحموضة وتعرف بالمحبة للحموضة acidophiles وأيضاً توجد بكتيريا محبة للوسط الشديد القلوية alkaliphiles. وبصفة عامة نجد أن الأعفان يمكنها النمو في وسط له قيمة pH أكثر انخفاضاً بالمقارنة بالخمائر كما أن الخمائر أكثر مقاومة لوسط له قيمة pH منخفضة بالمقارنة بالبكتيريا. وعادة ما تنمو البكتيريا أسرع من الخمائر في وسط متعادل أو بسيط للحموضة ولكن عندما ينخفض pH للوسط عن 5 فإن الخمائر تتنافس أو تتفوق على البكتيريا في النمو. ويوضح الجدول رقم 13 - 5 حد الـ pH الأدنى والأمثل والأعلى لنمو بعض الأحياء الدقيقة.

ويمكن للأحياء الدقيقة أن تغير الأس الهيدروجيني للوسط الذي تنمو فيه أثناء نموها في هذا الوسط فعلاً البكتيريا *Thiobacillus thiooxidans* تنتج حامض كبريتيك كأحد النواتج الميثابولازمية بينما نجد البكتيريا *Helicobacter pylori* والتي تتواجد في معدة الإنسان (وسط مرتفع للحموضة) يمكنها البقاء حية في هذا الوسط نظراً لقدرتها العالية على إنتاج إنزيم اليوريز urease الذي يكسر اليوريا وتنتج الأمونيا وبالتالي يحدث ارتفاع في pH الوسط المحيط بالبكتيريا ويحميها من مهاجمة الحامض لها.

جدول رقم 13 - 5 : المدى التقريبي لقيم الـ pH لنمو بعض الأحياء الدقيقة

الـ pH			الاسم العلمي للكائن الحي
الأعلى	الأمثل	الأدنى	
9.0	7.5 - 6.5	4.5	معظم البكتريا
8.8 - 8.5	8.0 - 6.0	5.0 - 4.8	<i>Clostridium botulinum</i>
10.0 - 9.0	8.0 - 6.0	4.4 - 4.3	<i>Escherichia coli</i>
8.0 - 7.2	6.0 - 5.5	4.4 - 3.0	<i>Lactobacillus</i> معظم
7.8	6.5 - 4.5	2.9	<i>Pediococcus cerevisiae</i>
8.0	7.0 - 6.6	5.6	<i>Pseudomonas</i> معظم
9.6 - 8.0	7.5 - 6.0	5.0 - 4.5	<i>Salmonella</i> معظم
9.8 - 9.5	7.0 - 6.0	4.7 - 4.0	<i>Staphylococcus aureus</i>
-	8.6	-	<i>Vibrio cholerae</i>
11.0	8.5 - 7.5	5.0 - 4.8	<i>V. parahaemolyticus</i>
8.5 - 8.0	6.5 - 4.0	3.5 - 1.5	الفطائر
-	5.0 - 4.0	2.4 - 2.0	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
10.5 - 8.5	5.5 - 3.5	1.5	<i>S. rouxii</i>
11.0 - 8.0	6.8 - 4.5	3.5 - 1.5	الأعنان
-	6.0 - 3.0	1.2	<i>Aspergillus niger</i>
9.3	6.7 - 4.5	1.9	<i>penicillium</i>

المصدر : مأخوذ من Banwart (1989)

إذا نظرنا للأغذية كوسط لنمو الأحياء الدقيقة نجد أن كل غذاء له pH محين ، ويمكن تقسيم الأغذية على حسب قيم pH لها إلى ثلاث مجموعات (التقسيم الأكثر شيوعاً) :

أولاً: الأغذية ذات الحموضة المرتفعة high acid food : وهذه لها قيم pH أقل من 3.7 مثل المخللات وبعض الفاكهة مثل التفاح والبرقوق وبعض العصائر مثل عصير الكرز والجريب فروت والليمون وكذلك جلى الفاكهة.

ثانياً : الأغذية الحامضية acid food : وهى تلك الأغذية التى لها قيم pH أعلى من 3.7 وأقل من 4.5 مثل معظم الفاكهة (كمثرى - عنب - خوخ - فراولة - برتقال ..) كذلك للمربات والطماطم.

ثالثاً : الأغذية ذات الحموضة المنخفضة low acid food : وهى تلك الأغذية التى لها pH أعلى من 4.5 مثل اللحوم والأسماك والحيوانات الاليفة والصدفية المائية والدواجن والخضروات والبن ومثلجاته.

مما سبق يمكننا القول أن قيمة الأس الهيدروجينى - كواحد من العوامل الداخلية المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة - يؤثر على نوع ومدى نشاط الأحياء الدقيقة فى الأغذية المختلفة فمثلاً تنمو الخمائر والأعفان على أوفى الأغذية الحامضية (لها pH أقل من 4.5) مثل المخلات واللباء الغازية والفاكهة فى حين أن هذه الأغذية لا تساعد نمو الأحياء الدقيقة غير المقاومة للحموضة مثل البكتريا المعوية السالبة لصبغة جرام ولا البكتريا *Clostridium botulinum* المنتجة لأخطر السموم (لا تنمو هذه البكتريا ولا تفرز سمومها فى وسط له pH أقل من 4.5) . وعلى النقيض من ذلك نجد أن البكتريا - نتيجة لنشاطها الحيوى العالى - سوف تفرق فى النمو الخمائر والأعفان فى وسط له pH أعلى من 4.5 .

كذلك بعض الأغذية لها رقم pH حوالى 9.5 مثل بياض البيض (ارتفاع pH الوسط راجع لهروب غاز ثانى أكسيد الكربون من بياض البيض بعد وضع البيض) يعتبر حماية هامة ضد الغزو البكتيرى.

ويجب التنويه هنا إلى أن التأثير المبطئ لـ pH يعتمد على عدة عوامل أخرى مثل نوع الحامض ودرجة حرارة التخزين وباقى العوامل المؤثرة.

13-5-1-4 جهد الأكسدة والاختزال

يعرف جهد الأكسدة والاختزال oxidation - reduction potential بأنه قياس لقدرة نظام حيوى معين (الغذاء مثلاً) لإعطاء أو استقبال الإلكترونات، أما قدرة النظام على مقاومة التغير فى الأكسدة والاختزال فتسمى سعة إنتران الأكسدة

والاختزال redox poisoning capacity . وقبل مناقشة تأثير جهد الأكسدة والاختزال للغذاء على الأحياء الدقيقة فإنه يجب مناقشة احتياج الأحياء الدقيقة للأكسجين حيث تقسم الأحياء الدقيقة الهامة في الأغذية حسب احتياجها للأكسجين (الأكسجين الحر الموجود في الهواء الجوى) إلى :

أولاً : هوائية إجباراً strict or obligate aerobes : وهذه تحتاج الأكسجين لنموها حيث تستخدم الأكسجين كمستقبل نهائى للإلكترونات فى تنفسها وذلك مثل *Bacillus subtilis* ، *Bacillus megaterium* ، *micrococci* ، *pseudomonads* ، وهذه لها أهميتها فى الأغذية فى حالة توفر الأكسجين كما هو الحال على أسطح اللحوم والأغذية المخزنة فى الهواء.

ثانياً : لا هوائية اختياريًا facultative anaerobes : وهذه يمكنها النمو فى وجود أو عدم وجود الأكسجين وعادة يمكنها النمو بمعدل أسرع فى الظروف الهوائية ويرجع ذلك لقدرتها على استخدام الأكسجين كمستقبل نهائى للإلكترونات ولكن فى غيابها فإنه يمكنها استخدام العديد من مستقبلات الإلكترونات (مثل NO_3^- ، SO_4^{2-}) وذلك مثل *Lactobacillaceae* ، *Enterobacteriaceae* ، *Corynebacteriaceae* ، وهذه تنمو على سطح وفى داخل الأغذية .

ثالثاً : لا هوائية إجباراً strict or obligate anaerobes : وهذه تنمو فى عدم وجود الأكسجين والتي يهمنها منها فى الأغذية تعتبر لا هوائية متوسطة moderate anaerobes بمعنى أنه يمكن تناولها وزرعها فى البيئات فى ظروف العمل العادية (منضبط جوى عادى) ثم تحمض تحت ظروف لا هوائية (فى وعاء لا هوائى anaerobic jar) وذلك مثل أفراد من الجنس *Bacteroides* ، *Clostridium* .

رابعاً : تحتاج لقليل من الهواء microaerophiles : وهذه يحدث لها تلف damage بواسطة التركيز العادى من الأكسجين فى الهواء ويلزمها تركيز أقل (2 - 10 %) لكى تنمو وذلك مثل أفراد الجنس *Vibrio* .

يتوقف جهد الأكسدة والاختزال لغذاء ما على عدة عوامل أهمها تركيب الغذاء (وجود

المواد المؤكسدة والمختزلة) وسهولة وصول الهواء الجوى (بما يحويه من أكسجين) إلى الغذاء. فمثلاً نجد أن الأنسجة الحية لها جهد أكسدة واختزال منخفض ويرجع ذلك إلى وجود مجاميع SH - فى الأنسجة الحيوانية وإلى وجود السكاكر المختزلة وفيتامين C فى النباتات، وهذا المثال يعكس تأثير تركيب الغذاء. وإذا أخذنا فى الاعتبار تأثير سهولة وصول الهواء الجوى للغذاء، نجد أن الأغذية السائلة التى لا تتعرض للتقليب يكون لها جهد أكسدة واختزال أقل من مثيلاتها التى تتعرض للتقليب والأغذية للمعبأة فى مواد تغليف لا تنفذ الهواء لها جهد أكسدة واختزال أقل من مثيلاتها غير المعبأة.

مما سبق يتضح أنه فى أغذية مثل عصائر الفاكهة والتى لها جهد أكسدة واختزال مرتفع نسبياً وفى نفس الوقت حامضية نتوقع سيادة للخمائر الهوائية والأعفان، أما فى اللحوم فإن تمرض السطح للهواء يسمح بنمو البكتيريا للهوائية أما فى الأنسجة العميقة من اللحم فإن جهد الأكسدة والاختزال يكون منخفضاً فتنمو الكائنات اللاهوائية. كما أن تغيير جهد الأكسدة والاختزال فى الغذاء (كغرم اللحم مثلاً) يجعل السيادة لنمو الأحياء الدقيقة الهوائية.

13-5-1-5 مبططات الأحياء الدقيقة الموجودة طبيعياً فى بعض الأغذية

تتواجد بعض المكونات الطبيعية المضادة للأحياء الدقيقة antimicrobial agents فى الخضروات والأغذية الحيوانية، حيث تتواجد بعض الزيوت الطيارة essential oils وبعض المركبات غير الطيارة مثل الجليكوسيدات والثانينات فى الخضروات.. أما الأغذية الحيوانية فنوجد بها بعض البروتينات المؤثرة على المناعة immuno - proteins.

والجدير بالذكر أن هذه المركبات متخصصة فى تأثيرها أى تؤثر على أنواع معينة من الأحياء الدقيقة وبالتالي فإن هذه الأغذية ما زالت قابلة للفساد perishable لأنها تهاجم بواسطة الأحياء الدقيقة الأخرى المقاومة لهذه المبططات. كذلك فإن هذه المبططات - خاصة تلك الموجودة فى الأغذية الحيوانية - تكون غير ثابتة labile.

وفيما يلى أمثلة لبعض الأغذية المحتوية على مبططات طبيعية للأحياء الدقيقة :

- بياض البيض يحتوى على: lysozyme - أوفوميوكيد ovomucoid -
- كرن البيومين conalbumin - أوفوترانسفيرين - ovotransferrin -

أوفلافوبروتين - ovoflavoprotein - أليدين avidin .

الحرم والدوجان والأسماك تحتوي : ليسوزيم - بعض الهرمونات - عديدات الببتيد .

اللبن الخام يحتوي : ليسوزيم - أجلوتينينات agglutinins - لاکتينينات lacterins - لاکتوفيرين lactoferrin .

المنتجات النباتية تحتوي : فلاونولات وتانينات وحامض فيتيك .. فملاً يوجد الأليسين allisin في الثوم والأليوروبين oleuropein في الزيتون .

والجدير بالذكر أن معظم هذه المثبطات تؤثر على البكتريا الموجبة لصبغة جرام بدرجة أكبر من تلك السالبة لصبغة جرام وقد يكون هذا هو أحد أسباب فساد الأغذية بدرجة أكثر بواسطة البكتريا السالبة لصبغة جرام .

13-5-1-6 التراكيب الحيوية Biological structures

لبعض الأغذية تركيب حيوية خاصة تعمل كحواجز واقية protective barriers وذلك مثل القشرة والأغشية الداخلية في البيض والقشرة testa في الحبوب والكيوتيكل المحيط ببعض الأعضاء النباتية . حيث تعمل هذه التراكيب كحاجز واقى لمنع نفاذ الأحياء الدقيقة إلى الأجزاء الداخلية المحمية بواسطة هذه الحواجز . وعند حدوث تلف لهذه الحواجز سواء بواسطة المشرات والقوارح ، أو تلف ميكانيكى أو غيره فإنه يمكن للأحياء الدقيقة الدخول لمكونات الغذاء الداخلية وإحداث فساد بها . والجدير بالذكر أن درجة نضج الفاكهة والخضروات تؤثر على الكفاءة الواقية لهذه الحواجز (زيادة النضج تقل كفاءة الكيوتيكل في منع الأحياء الدقيقة من الوصول إلى الداخل) .

13-5-2 العوامل الخارجية

13-5-2-1 درجة الحرارة التي يخزن عليها الغذاء Temperature of storage

تنمو الأحياء الدقيقة الهامة في مجال الأغذية في مدى واسع من درجات الحرارة يتراوح بين 10[°] مئوية تحت الصفر إلى 80[°] م (14 - 176[°]ف) ولكن لا يوجد كائن من هذه الأحياء الدقيقة يمكنه النمو في كل هذا المدى الواسع من درجات الحرارة، بل لكل كائن

درجة حرارة مثلى وأخرى دنيا وثالثة قصوى للنمو، لذلك وضعت ثلاث درجات حرارة رئيسية (أو مدى من درجات الحرارة الرئيسية) لوصف النمو الميكروبي وهذه تشمل : درجة الحرارة الدنيا للنمو minimum growth temperature - درجة الحرارة المثلى للنمو optimum growth temp. ودرجة الحرارة القصوى (الطيا) للنمو maximum growth temp. . والمقصود بدرجة الحرارة الدنيا والقصوى بأنها درجات الحرارة التى لا يمكن للكائن أن ينمو على درجة حرارة أقل أو أعلى منها على الترتيب. أما درجة الحرارة المثلى للنمو فإنه يصعب وصفها لأنها قد تكون درجة الحرارة المثلى للإنتاج الكلى للخلايا total cell yield أو لمعدل النمو أو لمعدل المينابولزم أو للتنفس أو لإنتاج ناتج ميتابولزمى معين ولكن عادة ما يقصد بدرجة الحرارة المثلى تلك التى يحدث عندها أعلى معدل نمو وهى تعكس درجة حرارة المنشأ الطبيعى للكائن الحى موضع الاعتبار.

وبالتالى يمكن تقسيم الكائنات الحية الدقيقة على أساس درجات الحرارة الثلاث الرئيسية إلى المجموعات التالية:

درجة حرارة النمو °م (°ف)			المجموعة
الدنيا	المثلى	القصوى	
5 - 15	10 - 15	20	Psychrophiles
(5 - 41)	(50 - 59)	(68)	الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة
5 - 5	25 - 30	35	Psychrotrophs
(23 - 41)	(77 - 86)	(95)	الأحياء الدقيقة المتطفلة على البرد أو كثة البرد
5 - 15	25 - 40	45	Mesophiles
(41 - 59)	(77 - 104)	(113)	الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة
40 - 45	54 - 65	90 - 60	Thermophiles
(104 - 113)	(129 - 149)	(140 - 194)	الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة

ويجب أن نأخذ فى اعتبارنا أن درجة حرارة النمو تعتمد على السلالات وعلى الصفات الطبيعية والكيميائية للوسط الذى تعيش فيه الأحياء الدقيقة.

أولاً : الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة Psychrophiles

وهذه لها عدة تعريفات وأبسطها أنها الكائنات التي يمكنها النمو جيداً على درجة الصفر المئوى وتعطى مستعمرات مرئية فى غضون 7 - 14 يوم ولكن أضيف لهذا التعريف أن درجة الحرارة المثلى لهذه الكائنات تكون 15°م (59°ف) أو أقل ودرجة الحرارة القصوى للنمو 20°م (68°ف) والدنيا صفر مئوى (32°ف) أو أقل.

وكثيراً ما يطلق على هذه المجموعة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة إجباراً obligate psychrophiles ويوجد عدد محدود منها له أهمية فى الأغذية وغالباً ما تكون هذه الكائنات ذات أصل بحرى.

ثانياً : الأحياء الدقيقة المتغذية على البرد أو آكلة البرد

Psychrotrophs (cold - eaters)

وقد اعترض المشتغلون فى مجال الأحياء الدقيقة على هذا المصطلح على أساس أن البرد لا يؤكل ويفضلون استخدام مصطلح المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة اختصاراً facultative psychrophiles وإن كان مصطلح سيكروتروفية psychrotrophs هو الأكثر شيوعاً حتى الآن.

وتعرف هذه المجموعة من الكائنات بأنها تلك الأحياء الدقيقة القادرة على التكاثـر على درجات حرارة 5°م (41°ف) وأقل بغض النظر عن درجة الحرارة المثلى والقصوى لها. والجدير بالذكر أن معظم الأحياء الدقيقة التي تنمو فى الأغذية على درجات الحرارة المنخفضة تتبع هذه المجموعة (psychrotrophs).

والأجناس التالية من البكتريا تحوى أفراد تابعة لهذه المجموعة :

Chromobacterium - Bacillus - Arthrobacter - Alcaligenes - Aeromonas
- Escherichia - Erwinia - Enterobacter - Corynebacterium - Clostridium -
Listeria - Leuconostoc - Lactobacillus - Klebsiella - Flavobacterium
Serratia - Pseudomonas - Proteus - Micrococcus - Microbacterim -
. Yersinia - Vibrio - Streptococcus - Streptomyces -

كما أن أهم الأجناس من الخمائر التي تضم أفراداً من هذه المجموعة تتمثل في :
Torulopsis – Rhodotorula – Cryptococcus – Candida
 فتشمل أفراد من الأجناس: *Penicillium – Cladosporium – Aspergillus*
Trichothecium .

ويمكن اعتبار هذه المجموعة على أنها تحت مجموعة من الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة *mesophiles* ولكنها قادرة على النمو على درجات حرارة أقل من درجات الحرارة الدنيا لمعظم *mesophiles* .

ثالثاً الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة *Mesophiles*

نجد أن الكثير من الأحياء الدقيقة ذات الأصل الحيواني أو النباتي بما فيها جميع الأحياء الدقيقة الممرضة لها درجة حرارة مثلى للنمو في المدى 35 - 45°م (95 - 113°ف) وكذلك العديد من الأنواع المسببة لفساد الأغذية [درجة الحرارة المثلى لهما 25 - 30°م (77 - 86°ف)] تقع في هذه المجموعة .. حيث أنها كائنات تفضل درجات الحرارة المتوسطة، ودرجة الحرارة المثلى لنموها عادة تقع بين 25 - 45°م (77 - 113°ف) ودرجة الحرارة الدنيا لنموها في المدى بين 5 - 15°م (41 - 59°ف) والزمن الجبلي للعديد من هذه الكائنات عادة ما يكون 30 دقيقة أو أقل وذلك عند درجة الحرارة المثلى للنمو.

رابعاً : الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة *Thermophiles*

وهذه قد تنقسم إلى مجموعتين وهما تلك المحبة لدرجة الحرارة المرتفعة إجباراً وهذه لا يمكنها النمو على 40°م (104°ف) وتلك المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة اختياريًا وهذه يمكنها النمو على درجة حرارة 40°م (104°ف) .

وننوه إلى أن درجة حرارة تخزين الأغذية تحدد أهمية كل مجموعة من هذه المجموعات، فكلير من الأغذية تخزن مبردة وبالتالي تظهر أهمية الأحياء الدقيقة (السيكروتروفية) حيث يكون لها السيادة في النمو وتسبب في فساد الأغذية المبردة .

لما الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة والتي نجد منها أنواعا *species*

فى جميع الأجناس genera الهامة فى الأغذية فأنها تسبب فساد الأغذية المخزنة على درجة الحرارة المتوسطة، والأهم من ذلك أن الكثير من أفراد هذه المجموعة ينتمى إلى الأحياء الدقيقة الممرضة والتي يمثل أفرادها فى أنواع من الأجناس: *Bacillus* ، *Clostridium* ، *Salmonella* ، *Shigella* ، *Staphylococcus* وغيرها. والجدير بالذكر أنه نظراً لارتفاع معدل النمو وارتفاع النشاط الإنزيمى فى المدى من درجات للحرارة الذى يلائم هذه المجموعة فإن فساد الأغذية بواسطة هذه الكائنات يحدث بمعدل أسرع بالمقارنة بذلك الناتج من المجموعة السيكترووفيه.

أما الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة فإنها تسبب فساد الأغذية إذا تم تخزينها على درجات حرارة 50 - 70 °م (122 - 158 °ف) وهذا قد يحدث أثناء التسخين عند طهى أو تصنيع الأغذية .. كما أن هذه المجموعة من الكائنات تعتبر مسؤولة عن فساد الأغذية فى بعض البلاد الإستوائية tropical countries. ولا شك أن الزمن الجينى generation time لهذه المجموعة يكون أقصر من مثيله فى حالة المجموعتين السابقتين وذلك عند درجات الحرارة المثلى لكل مجموعة وبالتالي فإن فساد الأغذية بواسطة الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة العالية يكون الأسرع.

13-5-2 كمية الرطوبة فى الجو المحيط بالغذاء

أولاً : الهجرة الخارجية للماء

إذا خزن الغذاء فى أوعية مفتوحة أو عبوات لا تمنع نفاذ الرطوبة فإن منغط بخار الماء فى الهواء المحيط سوف يؤثر على نشاط الماء (A_w) لهذا الغذاء؛ والأمثلة على ذلك كثيرة فالحبوب المستوردة من مناطق جافة إلى مناطق ذات جو رطب سوف تمتص الماء ومن ثم تنمو عليها الأعفان. والأغذية المبردة عند تعرضها لتيار من الهواء الدافئ يتكثف عليها الماء (عرق) وهذا يؤدي لارتفاع (A_w) لهذه الأغذية كما يشجع من انتشار البكتيريا المتحركة motile ويسرع من فساد تلك الأغذية.

والجدير بالذكر أنه يوجد اصطلاح يعرف باسم إتزان الرطوبة النسبية (ERHZ) Equilibrium relative humidity وهو تعبير يشير للإتزان بين الجو المحيط مع

المادة الغذائية، فإذا كان نشاط الماء للمادة الغذائية A_w مضروباً في 100 = النسبة المئوية للرطوبة النسبية (RH %) في الجو المحيط فإن المادة الغذائية في حالة إتزان مع الرطوبة النسبية للجو المحيط، أما إذا كانت $A_w \times 100$ للمادة الغذائية أقل من RH % للجو المحيط فإن ذلك يعنى تكثيف الماء على سطح المادة الغذائية حتى يحدث إتزان . وإذا كانت $A_w \times 100$ للمادة الغذائية أعلى من RH % للجو المحيط فهذا يعنى جفاف سطح المادة الغذائية حتى يحدث إتزان مع RH % للجو المحيط.

ثانياً : الهجرة الداخلية للماء

قد تحدث هجرة داخلية للماء داخل الغذاء ، ففي الأغذية للجافة نسبياً والمعبأة في عبوات لا تتلف للرطوبة فإن التخيرات المادئة في درجات حرارة الليل والنهار قد تؤدي إلى هجرة داخلية لبخار الماء وبالتالي نجد أن بعض مناطق من الغذاء تمتص كمية كافية من الماء تسمح بإنبات أبراغ الأعفان وتكوين موسيليوم في هذه المناطق . كذلك فإنه عند حدوث تخفيف موضعي عند سطح شراب اللعائكة المركزة المخزنة فإن ذلك يسمح بنمو الخمائر المحبة للضغط الاسموزي العالي osmophilic yeasts .

13-5-2-3 تركيب غازات الجو المحيط

قد يحدد نوع وتركيز الغاز في الجو المحيط بالغذاء، أنواع الأحياء الدقيقة التي تسود، فوجود الأكسجين يشجع نمو الأنواع الهوائية من الأحياء الدقيقة بينما نقص أو وجود تفريغ سوف يسمح بسيادة الكائنات اللاهوائية اختياريًا.

كما تختلف الأحياء الدقيقة اختلافاً كبيراً في تحملها لثاني أكسيد الكبريت حيث أن هذا الغاز له تأثير تثبيطي متخصص على بعض الأحياء الدقيقة (بالإضافة لدوره في الإحلال مكان الأكسجين كغيره من الغازات المستخدمة لهذا الغرض مثل الليتروجين) حيث وجد أن غاز CO_2 قد يقتل أو يبطئ أو لا يؤثر على أو يشجع نمو الأحياء الدقيقة وذلك يعتمد على نوع الكائن وعمر الخلايا وتركيز CO_2 كذلك يعتمد تأثيره على قيمة pH و A_w لهذا الغذاء . فمثلاً اللحم الطازجة المعبأة تحت تفريغ vacuum - packaged في عبوات غير منفذة للغازات والمخزنة في غرف تبريد تكون مدة حفظها أطول عدة أضعاف من تلك المخزنة في الهواء

المعدى تحت نفس درجة الحرارة، ويرجع ذلك لزيادة تركيز CO_2 في الجو المحيط باللحم داخل العبوة حتى يصل تركيزه إلى 30 % من غازات الجو المحيط ويقابل ذلك نقص في المحتوى من الأكسجين (ينخفض ليصبح 1 - 3 %) كتلجة لنشاط الإنزيمات داخل اللحم. وهذا التغير في تركيب غازات الجو المحيط يثبط نمو البكتريا الهوائية سريعة النمو والمسببة لفساد اللحم (أممها الكائنات التابعة للجنسين *Acinetobacter*, *Pseudomonas*)، وفي نفس الوقت فإن هذا التغير يشجع من نمو *Lactobacilli* المقاومة لغاز ثنائي أكسيد الكربون والأبطأ في النمو، مما يؤدي إلى زيادة مدة حفظ هذا اللحم. كذلك فإن التخزين في جو تم التحكم في تركيب غازاته *Controlled atmosphere storage* (بزيادة تركيز CO_2 مثلاً) يستخدم لتعطيل نشاط الخمائر والأعفان في الخضروات والفاكهة المخزنة في غرف تبريد بالإضافة إلى أنه يؤدي إلى ضبط نضج الفاكهة.

13-5-2-4 طول فترة التخزين

تؤثر فترة التخزين على شدة الفساد *spoilage potential* بواسطة الأحياء الدقيقة في الغذاء.

13-5-3 تأثير التصنيع

أولاً: تأثير المعاملات دون المميت *Sublethal stress*

تتعرض الأحياء الدقيقة أثناء تصنيع الأغذية لمؤثرات فيزيقية وكيميائية مثل معاملات درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة - التشعيع - الضغط الإسموزي العالي - واستخدام مواد كيميائية مختلفة؛ ولما كان الهدف الرئيس من تصنيع الأغذية هو المحافظة عليها مدة أطول مع المحافظة على محدودات جودتها وليس القضاء على جميع الأحياء الدقيقة في الغذاء، فإن استخدام هذه المعاملات يكون عند الحد الأدنى. وبالتالي فإن تأثير هذه المعاملات على الأحياء الدقيقة قد يكون قاتلاً أو لا يؤثر عليها أو يسبب أضراراً للخلية، وهنا يطلق على تأثير هذه المعاملة اصطلاح التأثير دون المميت، أما الأضرار التي تحدث للخلية فتسمى تلفاً *lesions* (تلف الغشاء السيتوبلازمي - تغيير في مقدرة الخلية للميتابولزمية - تغيير في النشاط الأنزيمي و/أو تكسر الريبوسومات والأحماض النووية ...).

ونتيجة لحدوث تلف للخلايا فإنه يحدث تغيير في مقدرة الأحياء الدقيقة على النمو

ونجد أن هذه الخلايا (الثالفة) لها طور سكون lag phase أطول ولها احتياجات تغذية أكثر من الخلايا العادية وتزداد حساسيتها للعوامل الأخرى المؤثرة على النمو ومحددات النمو المختلفة (pH ، A_{540} ، مثبطات ...) كما تكون أكثر عرضة للموت والتثبيط من الخلايا العادية عند التعرض لتأثيرات ضاغطة stress أخرى. كما يلاحظ عدم قدرتها على النمو في بيئات الزرع الانتقائية selective media. ولكن هذه الخلايا الثالفة يمكن أن يحدث لها إصلاح repair إذا توافرت الظروف المناسبة ومن ثم يمكنها النمو والتكاثر.

ويتوقف تأثير المعاملات المختلفة على خلايا الأحياء الدقيقة على عدة عوامل أهمها :
مدة التعرض للمؤثر وشدة - طور نمو الكائن الحي (عادة ما تكون خلايا الكائن الحي في مرحلة النمو اللوغاريتمي أكثر عرضة لتأثير هذه المعاملات) - الحالة الفسيولوجية للكائن الحي - تركيب الغذاء الذي يتواجد فيه تلك الأحياء الدقيقة.

ثانياً: تغيير التركيب الكيماوي للغذاء

تؤثر بعض طرق تصنيع الغذاء على تركيبه الكيماوي ومن ثم تؤثر على الأحياء الدقيقة التي تتواجد في هذا الغذاء وفيما يلي بعض أمثلة على ذلك:

- 1- تغيير قيمة نشاط الماء A_{540} ، فنشاط الماء للغذاء يمكن أن يقل بإزالة الماء كما هو الحال في التجفيف والتخزين أو بزيادة تركيز المذاب كما في التمليح والتسكر.
- 2- تغيير قيمة الأس الهيدروجيني pH حيث تنخفض قيمة الأس الهيدروجيني نتيجة للإضافة المباشرة للأحماض مثل الخليك واللاكتيك أو نتيجة لإنتاج حامض اللاكتيك في بعض الصناعات الميكروبية (لحم - مخلات - ياغورت (زبادي) ...).
- 3- إضافة بعض المواد للحفاظ مثل حامض البنزويك والسوربيك في عصائر وشراب الفاكهة والمربات.

ثالثاً : التلوث نتيجة التصنيع

على الرغم من أن طرق التصنيع المختلفة تهدف إلى تقليل التلوث الميكروبي إلا أنه قد يحدث أحياناً زيادة في عدد ونوع الأحياء الدقيقة وذلك في حالة استخدام مكونات مضافة ingredients أو معدات تصنيع أو مواد تغليف حدث لها تلوث شديد .

13-5-4 العوامل البيولوجية

بالإضافة للعوامل البيئية سالفة الذكر (العوامل الداخلية - العوامل الخارجية - تأثير التصنيع) فإن هناك عوامل بيولوجية تؤثر على نمو الكائنات الحية الدقيقة في الأغذية كما أنها تشارك في تحديد الأنواع التي تسود في تلك الأغذية. وهذه تشمل معدل النمو لكل من سلالات الأحياء الدقيقة الموجودة في الغذاء والتأثير المتبادل بين أنواع الأحياء الدقيقة والتي تتواجد في الأغذية في صورة أعداد مختلطة mixed populations وليس في صورة نقية pure. وفي بعض المراجع قد تسمى هذه العوامل البيولوجية باسم العوامل الكامنة implicit parameters.

13-5-4-1 معدل النمو

نجد أن أي كائن ينمو بطريقة مميزة وبمعدل مميز له وذلك تحت ظروف بيئية معينة. ونجد أن العوامل الوراثية تحكم في طول طور السكون والزمن للجلبى وعدد الخلايا الناتجة في زمن محدد كما يلاحظ وجود اختلافات بين سلالات النوع الواحد في هذه الصفات. ولما كانت هذه الصفات تحدد وراثياً فإن التغيير فيها يكون نادراً ولا يحدث إلا كنتيجة لحدوث طفرة.

ونتيجة لهذه الاختلافات في معدل نمو الأحياء الدقيقة فإن ذلك يؤدي إلى سيادة أنواع معينة تحت ظروف بيئية محددة. فمثلاً في معظم الأغذية الرطبة moist foods نجد سيادة للبكتريا (معدل نمو مرتفع) بالمقارنة بالخمائر والأعفان وذلك على الرغم من قدرة هذه الخمائر والأعفان على النمو جيداً في مثل هذه الأغذية في حالة تولدها في صورة نقية (كما أوضحت الدراسات باستخدام المزارع النقية).

13-5-4-2 التفاعلات المتبادلة بين الأحياء الدقيقة المختلطة

تتفاعل الأحياء الدقيقة بطريقة مستمرة طالما كانت نشطة ميتابولزمياً، لذلك فإن سيادة أحياء دقيقة معينة للفلورا الميكروبية تكون عملية متحركة ديناميكية، dynamic process. وهذه التفاعلات قد تكون تعاونية synergistic أو تضادية antagonistic طبقاً لطبيعة تأثيرها على النمو بالتشجيع أو التثبيط على الترتيب.

أولاً : علاقة التكافل بين الأحياء الدقيقة Symbiosis

تحدث علاقة التكافل بين مجموعات من الأحياء الدقيقة عندما يسبب أحد الأحياء الدقيقة تغييراً في ظروف النمو تكون مفيدة لنمو كائن آخر أو مجموعة من الكائنات الأخرى وأهم طرق حدوث هذه التغيرات ما يلي :

1- توفير المغذيات Availability of nutrients

حيث يقوم أحد الكائنات الحية الدقيقة بإنتاج ناتج ميثابولزمي - لم يكن متوفراً من قبل - ليستهلك بواسطة كائن آخر. فمثلاً تقوم الأعفان بتحليل السكريات العديدة مثل النشا والسليلوز تحللاً مائياً وتوفر السكريات الأحادية والثنائية اللازمة لنمو الخمائر، أو قيام الخمائر بإنتاج فيتامينات ب اللازمة لنمو بكتريا حامض اللاكتيك، أو قيام *Pseudomonas aeruginosa* بتوفير الثريونين والثيمين *thymine* اللازم لنمو *Staphylococcus aureus*.

2- تغيير في قيمة الأس الهيدروجيني (pH)

يمكن أن تخفض قيمة الأس الهيدروجيني نتيجة إنتاج أحماض بواسطة الأحياء الدقيقة أو تزداد نتيجة عملية تحلل للبروتين. كما أن كثيراً من الخمائر والأعفان وقليل من البكتريا يمكنها استهلاك الأحماض الموجودة طبيعياً (كما في الفاكهة) أو المضافة (كما في المخلات) وهذا يؤدي لارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني مما يسمح بنمو البكتريا متوسطة المقاومة للأحماض وتحدث فساداً للغذاء.

3- تغيير في قيمة نشاط الماء (A_w)

عادة ما تتضمن التفاعلات الأيضية (المتابولزمية) للأحياء الدقيقة انطلاق الماء ونتيجة لذلك تزداد قيمة نشاط الماء للغذاء. فمثلاً نتيجة لنمو الأعفان المحبة للجفاف *xerophilic moulds* على الأغذية الجافة تنمو كائنات أخرى أقل مقاومة للجفاف وتلعب دورها في فساد هذه الأغذية. كذلك يمكن للأحياء الدقيقة متوسطة المقاومة للضغط الإسموزي العالي أن تنمو على الأغذية التي تحتوى تركيزاً عالياً من السكر وذلك بعد خفض تركيز السكر نتيجة لنمو الخمائر المحبة للضغط الإسموزي العالي أولاً في هذا الغذاء.

4- تغيير فى جهد الأكسدة والاختزال

يمكن أن يحدث تغيير فى جهد الأكسدة والاختزال لغذاء ما نتيجة لنمو أحياء دقيقة معينة فمثلاً يمكن للبكتريا *Clostridium perfringens* أن تخفض جهد الأكسدة والاختزال فى أنسجة اللحم المذبح حديثاً إذا كانت درجة الحرارة دافئة وبالتالى تسمح بنمو الأحياء الدقيقة اللاهوائية إجباراً.

5- إزالة تأثير مضط

تقوم بعض الأحياء الدقيقة باستهلاك وتكسير مواد مضط لأحياء دقيقة أخرى وبالتالى يمكن للأخيرة أن تنمو وتشارك فى فساد الغذاء والأمثلة على ذلك كثيرة فبعض الأعفان يمكنها تكسير المواد الحافظة مثل حامض البنزويك والسوربيك وبعض الخمائر تستهلك النيتريت وبعض البكتريا تكسر المواد الفينولية الناتجة من عملية تدخين بعض الأغذية . وبعض أفراد من *Bacillaceae* , *Lactobacillaceae* تكسر المضاد الحيوى نيسين *nisin* المنتج بواسطة أنواع معينة من *streptococci* وبالتالى تعطى فرصة لنمو الأحياء الدقيقة للحساسة لهذا المضاد الحيوى.

6 - إنهيار التركيب البيولوجية Collapse of biological structures

نجد أن تعال الأغلفة الواقية والمكونة من بوليمرات *polymers* فى الأغذية النباتية والحيوانية بواسطة أحياء دقيقة معينة يتيح الفرصة لأحياء دقيقة أخرى (غير قادرة على اختراق المادة الغذائية فى وجود هذه الأغلفة) من مهاجمة هذا الغذاء . فمثلاً نجد أن الأعفان يمكنها تكسير الكيوتيكول المحيط بالفاكهة ومن ثم تتيح الفرصة لدخول الخمائر إلى الفاكهة. والجدير بالذكر أن نمو الخمائر فى الفاكهة يرفع قيمة الأس الهيدروجينى مما يتيح الفرصة للأحياء الدقيقة الأقل مقاومة للحموضة فى المشاركة فى فساد الفاكهة.

ثانياً : علاقات التضاد بين الأحياء الدقيقة Antagonism

تشمل علاقات التضاد بين الكائنات الحية على علاقات الافتراس *predation* والتطفل *parasitism* وهذه علاقات مباشرة بين الكائنات وبعضها كما تشمل علاقة التنافس *competition* على المكان والمغذيات. تحتل علاقة التنافس الأهمية الأولى بين الأحياء الدقيقة ونجد أن علاقة التطفل تحدث فى حدود ضيقة.

1- التنافس Competition

تتم علاقة التنافس بين الأحياء الدقيقة بعدة طرق تشابه تلك الطرق التي تتم بها علاقة التكافل كما يلي :

أ - التنافس على المغذيات المتاحة

حيث يقوم أحد الأحياء الدقيقة باستغلال مغذيات من بيئة الدم (الغذاء) وبالتالي يثبط نمو أحياء دقيقة أخرى وهذا قد يرجع لاختلاف معدلات نمو الأحياء الدقيقة أو اختلاف في نشاطها الأيضي (الميتابولزمي). فمثلاً نلاحظ أنه على الرغم من تولد *Staphylococcus aureus* غالباً في اللحم المفروم غير المصنع فإنه لم يسجل أى وجود للذيفانات *toxins* المفرزة بواسطة هذه البكتيريا في اللحم المفروم غير المصنع وذلك يرجع لوجود بكتيريا أخرى (*Pseudomonas - Moraxella - Acinetobacter*) في هذا اللحم ولها معدل نمو يفوق نظيره لبكتيريا *S. aureus*.

ب- تغيير قيمة الأس الهيدروجيني (pH)

تقوم بعض الأحياء الدقيقة بإنتاج أحماض كما في حالة إنتاج أحماض بواسطة بكتيريا حامض اللاكتيك في السجق أو المخلات وهذا يؤدي إلى تثبيط البكتيريا العسوية السالبة لصبغة جرام والتي كانت سالدة في هذه المنتجات قبل نشاط بكتيريا حامض اللاكتيك. وحتى داخل أفراد *Lactobacillaceae* نلاحظ ظاهرة التضاد أيضاً فجدد أن الجنس *Leuconostoc* والذي يتميز بمعدل نمو سريع يسود في بعض الأغذية ثم تتغير السيادة تدريجياً لصالح أفراد *Lactobacillus* الأكثر تحملاً للحموضة *more aciduric* من أفراد *Leuconostoc*.

ج - تغيير جهد الأكسدة والاختزال

تقوم الأحياء الدقيقة اللاهوائية بخفض جهد الأكسدة والاختزال للغذاء - وفي بعض الأحيان - لدرجة تثبط نمو الأحياء الدقيقة الهوائية.

د - تكوين مواد مضادة للأحياء الدقيقة

formation of antimicrobial substances

تنتج الكثير من الأحياء الدقيقة نواتج أيضية (ميتابولزمية) لها نشاط مضاد لأحياء دقيقة أخرى. بعض هذه النواتج يكون له تركيب كيميائى بسيط وذلك مثل أيونات H^+ ، البيروكسيدات، CO_2 ، الإيثانول، الأحماض العضوية (حامض الخليك - حامض البروبيونيك - حامض البيوتيريك - حامض اللاكتيك) حيث تنتج بواسطة أنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة ويكون لها تأثير مثبط على العديد من الأحياء الدقيقة المعروفة كمسببات فساد شائعة فى الأغذية.

بعض الأحياء الدقيقة تنتج مضادات حيوية antibiotics وهذه تلعب دورها فى تثبيط أحياء دقيقة أخرى وذلك مثل نيسين nisin، ناتاميسين natamycin (لهما تطبيقات فى مجال الأغذية). وهناك مركبات تعرف باسم بكتيريوسينات bacteriocins تنتج بواسطة أنواع مختلفة من البكتريا، وعلى الرغم من اعتبارها مضادات حيوية إلا أنها تختلف عن المضادات الحيوية التقليدية فى أنها جزيئات كبيرة تحتوى أو تتكون من عديد الببتيد أو البروتين وتكون مثبطة لسلالات لنفس النوع أو لسلالات تابعة لأنواع تربطها علاقة قريبة closely related species. وأهم هذه المركبات مركبات الكوليسين Colicins حيث وجدت فى البكتريا *E. coli* وبعض أفراد *Enterobacteriaceae*. وقد وجد أن البكتيريوسينات المنتجة بواسطة البكتريا للموجبة لصبغة جرام لها مدى (طيف) نشاط أوسع wider spectrum activity من ذلك المنتج بواسطة البكتريا السالبة لصبغة جرام.

2 - علاقة التطفل بين الأحياء الدقيقة Parasitism

يوجد طفيلان parasites يتطفلان على البكتريا وهما فيروسات البكتريا المعروفة باسم بكتيريوفاجات bacteriophages والجنس البكتيرى *Bdellovibrio*.

وتجد أن بعض الفيروسات البكتيرية يكون عائلها محدوداً فى عدد معين من الأنواع البكتيرية، بينما البعض الآخر يشمل عائلها عديداً من الأنواع البكتيرية أو قد يضم أجناساً مختلفة من البكتريا. يشابه للجنس *Bdellovibrio* الفيروسات البكتيرية الممرضة virulent bacteriophages فى قدرته على تحليل الخلايا البكتيرية. وتتميز أفراد هذا الجنس بأنها

حلزونية الشكل سالبة لصبغة جرام صغيرة (يبلغ عرضها 0.25 - 0.4 ميكرومتر وطولها 0.8 - 1.2 ميكرومتر) متحركة (لها سوط واحد). تكون مستعمرات (بليك) plaques مرئية في فترة أطول (2 - 4 يوم وقد تصل إلى 6 أيام من التحضين) من الفيروسات البكتيرية (12 - 24 ساعة). والمقصود بالبليك plaques منطقة شفافة في وسط النمو البكتيري تدل على تحلل خلايا البكتيريا.

ولا شك أن تحلل lysis الخلية البكتيرية بواسطة هذه الطفيليات يعتبر نوعاً من التضاد ولكن الأهمية العملية لتأثير هذه الظاهرة يعتبر محدوداً للغاية.

13-5-5 التأثيرات المشتركة للعوامل المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة

نادراً ما يؤثر عامل واحد فقط على نمو الأحياء الدقيقة في الغذاء، لذلك نجد أن اشتراك العوامل المؤثرة في تأثيرها أو التفاعل بين تأثير هذه العوامل له أهمية كبيرة في الأغذية، حيث نجد أن شدة نمو الميكروبات المسببة للفساد أو المسببة للأمراض ما هي إلا نتيجة للتأثير المشترك والمتداخل للعوامل المؤثرة على النمو (العوامل الداخلية - العوامل الخارجية - تأثير التصنيع - العوامل البيولوجية) والتي يتوقف بعضها على بعض. فإذا أخذنا تأثير العوامل الثلاثة : نشاط الماء ودرجة الحرارة وقيمة الأس الهيدروجيني على نمو الميكروبات المسببة للتسمم الغذائي، نجد أن هذه الكائنات يمكنها النمو في أوسع مدى لأحد العوامل إذا كان العاملان الأخران عند الحد الأمثل أما إذا كان هذان العاملان يبعدان عن الحد الأمثل لنموها فإن النمو يحدث في مدى ضيق لنفس العامل، فمثلاً نجد أن *Clostridium botulinum* type A يمكنها أن تنمو عند $A_w = 0.94$ إذا كانت درجة الحرارة 37°م ، قيمة الأس الهيدروجيني = 7 أما إذا تغير الأخير ليصبح 5.3 فإن نشاط الماء المحدد للنمو يكون 0.99.

وبصفة عامة يمكن القول بأن التأثيرات غير المناسبة للنمو تكحد لتسبب تثبيطاً لهذا النمو، فحفظ بعض منتجات اللحوم باستخدام التأثير المشترك للملح (انخفاض A_w) وقيمة الأس الهيدروجيني وتركيز الليترتيت بالإضافة إلى المعاملة الحرارية المتوسطة يعد مثلاً على للتأثير التثبيطي المشترك لهذه العوامل على الأحياء الدقيقة. ويبين الجدول رقم 13 - 6 العوامل التي تشارك في الحد من النمو الميكروبي في بعض الأغذية.

جدول رقم 13 - 6 : العوامل المشاركة في حفظ بعض الأغذية ذات الرطوبة المتوسطة

المنتج	العوامل المشاركة في التأثير على النمو الميكروبي
السريرات	نشاط الماء - قيمة الأس الهيدروجيني - مواد حافظة (حامض سوربيك) - معاملة حرارية.
لصوم	نشاط الماء - قيمة الأس الهيدروجيني - جهد الأكسدة والاختزال - مواد حافظة (نيريت) - علاقة للتناهي بين الأحياء الدقيقة - درجة حرارة التخزين.
كبيك	نشاط الماء - مواد حافظة - معاملة حرارية - درجة حرارة التخزين.
فاكهة مجففة	نشاط الماء - قيمة الأس الهيدروجيني - مواد حافظة - معاملة حرارية.
أغذية مجمدة	نشاط الماء - درجة حرارة التخزين.

المصدر : (Sinell), In : ICMSF (1980 a)

والجدير بالذكر أن التعامل مع هذه العوامل المؤثرة بمهارة بواسطة المشتغلين في مجال الأغذية سوف يؤدي لتقديم أغذية للمستهلك أكثر ثباتاً وأماناً وطزاجة وذات قيمة تغذوية عالية.

13 - 6 فساد الأغذية

يعتبر فساد الأغذية هو السبب الرئيسي لفقدانها حيث أن كثيراً من الأغذية لا تصل إلى المستهلك بسبب فسادها أو تفسد أو تصبح غير آمنة بعد شرائها وبالتالي فإن الفساد يعتبر مشكلة لكل من المنتج والصانع والمستهلك.

وعلى الرغم من اعتقاد الكثيرين بمعرفتهم بتعريف الفساد إلا أن لفظة فساد الأغذية غالباً ما تعكس صور مختلفة لأفراد مختلفين. وعموماً يعرف فساد الأغذية بمعناه العريض بأنه أى تغيير في الغذاء يجعله غير مقبول بواسطة المستهلك وعادة ما تكون هذه التغيرات عبارة عن عيوب واضحة في الخواص الحسية للغذاء مثل اللون والنكهة والمظهر (الفساد الحقيقي أو المثالي). وفي حالات أخرى يكون من الصعب الكشف عن هذه التغيرات كما في

حالة تواجد أحياء دقيقة ضارة بالصحة أو في حالة حدوث فقد في القيمة التغذوية للغذاء. وأسباب فساد الأغذية متعددة وقد تكون أسباباً داخلية أو خارجية بمعنى أن سبب الفساد قد يأتي من مصدر دخل الغذاء نفسه أو من مصدر خارجي. وبصفة عامة يوجد ثلاثة أسباب لفساد الأغذية وهي نمو الأحياء الدقيقة - تدهور فسيولوجي أو كيميوي - تلف فيزيقي. وطبعاً فإن الأهمية النسبية لأي من هذه الأسباب تختلف حسب نوع الغذاء وعلى الرغم من ذلك فإنه في كثير من الأغذية يحدث الفساد نتيجة لاشتراك أكثر من سبب من هذه الأسباب معاً.

تقسم الأغذية على حسب قابليتها للفساد إلى ثلاث مجموعات، الأولى تسمى بالأغذية سريعة القابلية للفساد *perishable foods* وهذه المجموعة تضم أهم الأغذية المتناولة يومياً - والتي تفسد ما لم يتم حفظها بإحدى طرق الحفظ المختلفة - مثل اللحم والسمك والدواجن ومعظم الفاكهة والخضروات واللبن. والمجموعة الثانية تسمى بالأغذية متوسطة القابلية للفساد *semiperishable foods* وهي الأغذية التي إذا تم تناولها وتخزينها بطريقة جيدة لا تفسد لفترة طويلة نسبياً مثل درنات البطاطس والمكسرات وبعض أصناف التفاح. المجموعة الثالثة وتسمى بالأغذية عديمة القابلية للفساد أو الأغذية الثابتة *stable or nonperishable foods* وهي الأغذية التي لا تفسد إلا إذا تم تناولها بطريقة سيئة وعدم عناية مثل السكر والملح والبقول الجافة.

13-6-1 فساد الأغذية بواسطة الأحياء الدقيقة

تعتبر الكائنات الحية الدقيقة سبباً رئيسياً في فساد الأغذية، والكائنات الحية الدقيقة جزء طبيعي من البيئة التي نعيش فيها وتوجد غالباً في كل مكان على الأرض بما في ذلك الأغذية (تلوث الأغذية من المصادر الطبيعية). ولكن ليست كل الأحياء الدقيقة الموجودة على الأغذية سوف تسبب فسادها، فمعظم الأحياء الدقيقة الموجودة في الأغذية غير ضارة وتكون محمولة فقط بواسطة الغذاء *hitchhikers*. ولكن توجد أنواع قليلة من الأحياء الدقيقة تكون هي السبب في فساد معظم الأغذية وتسمى هذه الكائنات بالكائنات المسببة للفساد الحقيقي أو المثلالي *true spoilage organisms* وهذه الكائنات لها قدرة على عمل تحلل وتدهور الغذاء حيث تظهر في صورة تغيرات تربطها بالفساد (التغيرات الحسية في اللون

والذئبة والمظهر). والجدير بالذكر أن مثل هذه التغيرات غير المرغوبة تكون بمثابة إنذار للمستهلك بأن هذا الغذاء قد لا يكون آمناً للإستهلاك. وسوف نلقى الضوء على هذا النوع من الفساد في هذا الباب.

كما توجد كائنات حية دقيقة تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان يطلق عليها اسم الأحياء الدقيقة الممرضة pathogens وهذه الكائنات الممرضة تعتبر من أقل الأحياء الدقيقة شيوعاً كمسبب لفساد الأغذية ولكن نظراً للنتائج الخطيرة المترتبة على تولدها في الأغذية (حدوث أمراض لمن يتناولها) فإن ذلك جعلها ذات أهمية بالغة سواء لصانع الأغذية أو المستهلك. والجدير بالذكر أن هذه الكائنات الممرضة تنمو في الأغذية لمستوى يسبب خطورة على صحة الإنسان دون أن تؤثر على الخواص الحسية للأغذية. وسوف نغرد لها باباً خاصاً من أبواب هذا الكتاب (التسمم الغذائي البكتيري والفطري - الباب رقم 14).

وهناك بعض الأحياء الدقيقة غير الممرضة والمسببة للفساد يمكنها أن تحدث (مرضاً) تسمماً غذائياً والمثال على ذلك للتسمم الغذائي المعروف باسم التسمم الغذائي الإسقمري Scombroid food poisoning (نسبة إلى فصيلة الأسماك المعروفة باسم الإسقمريات) وهذا التسمم يحدث مشكلة في الأسماك مثل التونة والماكريل فهذه الأسماك يحدث لها فساد بواسطة البكتيريا ينتج عنه تحلل البروتينات وتجمع الهستامين في النسجة السمك، والمستهلك الذى يتناول هذا السمك تظهر عليه أعراض تفاعلات الحساسية الشديدة.

الأحياء الدقيقة المسببة للفساد الحقيقي أو المثالى true spoilage organisms

يتوقف عدد ونوع الأحياء الدقيقة في الأغذية بدرجة كبيرة على نوع المنتج الغذائي وطرق تصنيعه وظروف تخزينه، فمثلاً الأغذية الخام تختلف تماماً عن تلك المصنعة في عدد ونوع الأحياء الدقيقة المتواجدة عليها أو فيها كما أن لها مجموعة من المشاكل الخاصة بها من حيث الفساد، وبصفة عامة يمكن القول بأن الأغذية الخام لها كائنات حية دقيقة غير متجانسة بينما الأغذية المصنعة عادة تحتوي الأحياء الدقيقة التى أمكنها أن تقاوم طريقة تصنيع ثم ظروف تخزين الغذاء.

والجدير بالذكر أن مجرد تلوث الأغذية للخام بالأحياء الدقيقة من مصادر التلوث

الطبيعية أو بقاء أحياء دقيقة قاومت طرق التصنيع المختلفة وذلك بالنسبة للأغذية المصنعة، كل ذلك لا يعنى فساد الغذاء ، بل يكمن الخطر فى نمو وتكاثر الميكروبات فى الغذاء نفسه وبالتالي يحدث الفساد.

ومن المشاهدات العملية نجد أن كل غذاء من الأغذية المختلفة يفسد نتيجة الأنشطة الكيموحيوية لأحياء دقيقة معينة تختلف عن تلك المسببة لفساد غذاء آخر، فاللحوم المبردة تفسد نتيجة نمو وتكاثر البكتريا السيكتروتروفية psychrotrophes العسوية السالبة لصبغة جرام وبالتالي تزدى لتكوين مواد لزجة على سطح اللحوم بينما اللحوم المنضجة cured يظهر الفساد فيها فى صورة تغير طعمها إلى الطعم للحامض نتيجة نمو وتكاثر البكتريا micrococci ، lactobacilli ، microbacteria وتفسد عصائر الفاكهة نتيجة التخمر بواسطة الخمائر بينما يرجع فساد الخضروات لإجتياح البكتريا السالبة لصبغة جرام مكونة تلف الأنسجة «التعفن» rots بينما تفسد كل من الفاكهة المجففة والحبوب والبقول بواسطة الأعفان.

معنى ذلك أن الأحياء الدقيقة المسببة لفساد نوع معين من الغذاء هى تلك الأحياء الدقيقة التى أمكنها النمو والتكاثر فى هذا الغذاء تحت ظروف تخزينه (أى أن العوامل المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة فى هذا الغذاء ملائمة لنموها) وبالتالي يكون لها السيادة فى هذا الوسط وتسبب فساد هذا الغذاء. وهذه الأحياء الدقيقة التى تسبب فساد الأغذية تسمى مسببات الفساد الحقيقى أو المذالى.

أولاً : تأثير الكائنات المسببة للفساد الحقيقى على مكونات الغذاء

إن فساد غذاء الإنسان ليس هدفاً فى حد ذاته للأحياء الدقيقة ولكنها ببساطة تحاول أن تحيا مثل أى مخلوق فعلى مثل باقى الأحياء تحتاج للمغذيات والماء والمعادن لتحيا وتنمو وتتكاثر لذا فأنها تحلل مكونات الأغذية للحصول على هذه الاحتياجات.

1 - إنحلال المواد الكربوهيدراتية

نجد أن معظم الكربوهيدرات المتولدة طبيعياً فى الأغذية تكون فى صورة سكاكر ثنائية (مثل السكروز والمالتوز واللاكتوز) أو سكاكر عديدة (البكتين والساييلوز والنشا ..) مع

وجرد بعض السكاكر الأحادية الحرة (جلوكوز وفركتوز وجالاکتوز) . ولكى تستفيد الأحياء الدقيقة من المواد الكربوهيدراتية فلا بد أن تحلل الكربوهيدرات المعقدة أولاً إلى مكوناتها من السكاكر الأحادية وذلك بواسطة النظم الإنزيمية المتاحة لكل كائن حى دقيق . وتجد أن إنحلال البكتين له أهمية كبيرة فى فساد الأنسجة النباتية حيث تقوم الأحياء الدقيقة التى لها قدرة على إنتاج الإنزيمات المحللة للبكتين pectolytic enzymes بتكسير الروابط الجليكوسيدية ونتيجة لذلك تحدث طراوه فى الأنسجة النباتية تعرف باسم داء تلف الأنسجة الطرى أو التعفن الطرى soft rot ثم يأتى إنحلال السليولوز فى المرتبة الثانية كمسبب لفساد الأنسجة النباتية .

بعد تكسير السكاكر المعقدة إلى مكوناتها من سكاكر أحادية تقوم الأحياء الدقيقة باستهلاك هذه السكاكر الأحادية ، ويعتبر الجلوكوز أهم الكربوهيدرات التى تستخدم بواسطة الأحياء الدقيقة كمصدر للكربون والطاقة . ويتم تكسير السكاكر الأحادية عن طريق عدة مسارات أيضية (ميتابوليزمية) ، ويناءً على المسار الميتابولزمى المتاح للكائن وأيضاً الظروف البيئية المحيطة تختلف النواتج الميتابولزمية الناتجة من تكسير السكاكر الأحادية وهى تشمل أحياناً عضوية ، كحولات، CO_2 ، H_2 ، H_2O ، ويوضح جدول رقم 13 - 7 بعض النواتج الميتابولزمية لتكسير الكربوهيدرات بواسطة أحياء دقيقة مختلفة .

2 - إنحلال الليبيدات

تعتبر الدهون أهم الليبيدات الموجودة فى الأغذية وهى عبارة عن ثلاثى أسيل جليسرول (جليسريدات ثلاثية) ، وكثير من الأغذية تحتوى على دهون وهذه تكون عرضة للتحلل المائى أو الأكسدة وبعض العمليات الأخرى التى ينتج عنها تغيرات فى نكهة الغذاء . ويطلق لفظة ترنخ rancidity على عملية تدهور deterioration الدهن . وانطلاق الأحماض الدهنية من الدهن يطلق عليه الترنخ التحالى hydrolytic rancidity أما التدهور التأكسدى فيسمى الترنخ التأكسدى oxidative rancidity وأكسدة الدهون غالباً ما تكون راجعة لإنزيمات الأنسجة tissue enzymes أو التأكسد الذاتى autooxidation أكثر من كونها راجعة لنشاط الأحياء الدقيقة . ونجد أن التغيرات الرئيسية فى نكهة الأغذية نتيجة ترنخ الدهون ترجع بصفة رئيسية لعمليات الأكسدة وليس لعمليات التحلل وذلك باستثناء إنطلاق

جدول رقم 13- 7 : النواتج الميتابولزمية لتكسير السكاكر الأحادية
بواسطة أحياء دقيقة مختلفة

النواتج الرئيسية	الاسم العلمي للكائن الحي الدقيق
حامض لاكتيك - كحول إيثايل - CO_2	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
كحول إيثايل - CO_2	<i>Saccharomyces</i>
حامض خليك - حامض بوتيريك - حامض برويونيك - حامض أيزوبوتيريك - حامض أيزوفاليريك - كحول بروتايل - كحول أيزوبوتول - كحول بيوتول - كحول أيزوأميل	<i>Clostridium botulinum</i>
حامض برويونيك - حامض خليك - حامض أيزوفاليريك - حامض فورميك - حامض سكسينيك - حامض لاكتيك - CO_2	<i>Propionibacterium</i>
حامض لاكتيك - حامض خليك - حامض فورميك - H_2 - CO_2	<i>Escherichia coli</i>
أستونين acetoin - جليسرول - 3,2 بيسوتان داي أول butanediol - حامض لاكتيك - حامض سكسينيك - حامض فورميك - حامض خليك - CO_2	<i>Bacillus cereus</i>

المصدر : Banwart (1989).

الأحماض الدهنية المتطايرة (نتيجة التزنج التحالي). كما أن التزنج التحالي له أهمية خاصة عند انطلاق أحماض دهنية قصيرة السلسلة ذائبة في الماء (أحماض: بوتيريك - كابرليك - كابرليك) حيث تسبب نكهة متزنخة كريهة في اللبن.

والجدير بالذكر أن الدهن النقي لا يهاجم بواسطة الأحياء الدقيقة وذلك لضرورة وجود المغذيات اللازمة للأحياء الدقيقة ذائبة في وسط مائي .. ولكن معظم الأغذية الدهنية (زيد - قشدة - مارجرين) بها وسط مائي مرتبط بالدهن . ويوضح جدول رقم 13 - 8 أهم الأجناس التي بها أنواع وسلالات محللة للدهن.

جدول رقم 13 - 8 : أهم الأجناس التي بها أنواع وسلالات محلة للدهن

البكتيريا	الفطريات
<i>Acinetobacter</i>	<i>Absidia</i>
<i>Aeromonas</i>	<i>Alternaria</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>Aspergillus</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Candida</i>
<i>Chromobacterium</i>	<i>Cladosporium</i>
<i>Corynebacterium</i>	<i>Endomyces</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Fusarium</i>
<i>Flavobacterium</i>	<i>Geotrichum</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Mucor</i>
<i>Micrococcus</i>	<i>Neurospora</i>
<i>Pseudomonas</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Serratia</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Staphylococcus</i>	<i>Torulopsis</i>
<i>Streptomyces</i>	

المصدر : Banwart (1989).

3 - إنحلال البروتينات

تتأثر البروتينات الأصلية الطبيعية native proteins مهاجمة الأحياء الدقيقة لها وذلك تقوم الأحياء الدقيقة باستخدام مركبات لها وزن جزيئي صغير مثل الببتيدات الثنائية والأحماض الأمينية الحرة الموجودة في أنسجة الأغذية البروتينية مثل اللحم والدجاج والسمك ونجد أن معظم الأغذية البروتينية يحدث لها فساد قبل تكسر أى كمية جوهريّة من البروتين ولكن في مراحل الفساد المتقدمة يتحلل بعض البروتين بواسطة الإنزيمات المحللة للبروتين سواء من الأنسجة نفسها أو من الأحياء الدقيقة.

أما تكسر الأحماض الأمينية فيعتبر شيئاً أساسياً في فساد الأغذية البروتينية واللواتج التي تتكون نتيجة هدم الأحماض الأمينية تعتمد على عدة عوامل أهمها : نوع الكائن الحي الدقيق - نوع الحامض الأميني - درجة الحرارة المخزن عليها الغذاء - كمية الأكسجين المتاحة - نوع المبطلات (إن وجدت).

وطبعاً يوجد العديد من الأحماض الأمينية وبالتالي نتوقع وجود العديد من اللواتج. واللواتج التي تتكون تحت ظروف لاهوائية تكون لها رائحة كريهة عفاً وهذا النوع من الهدم يطلق عليه تعفن putrefaction أما الهدم الذي يحدث تحت ظروف هوائية فيسمى تحلل أو انضمحلال decay.

تشمل نواتج هدم الأحماض الأمينية بواسطة الأحياء الدقيقة العديد من المركبات التي تحدث تغيرات في نكهة الأغذية أهمها: CO_2 ، H_2 ، NH_3 ، H_2S ، أحماض عضوية وكحولات وأمينات ومركبات mercaptans. والجدير بالذكر أنه يحدث ارتفاع في قيمة الأس الهيدروجيني (pH) للأغذية البروتينية نتيجة لإنتاج الأمونيا والأمينات ويؤخذ هذا الارتفاع في قيمة الأس الهيدروجيني كمؤشر لهدم البروتين.

4 - أنماط أخرى من تدهور الأغذية تسببها الأحياء الدقيقة

بالإضافة للتغيرات الناتجة من إنحلال الكربوهيدرات والدهون والبروتينات (طراوة الأنسجة وتغيير نكهة الغذاء) فإن الأحياء الدقيقة يمكنها عمل تغيرات أخرى غير مرغوبة في الأغذية وذلك عن طريق تغيير مظهر الغذاء نتيجة للمو بكتريا ملونة أو ظهور ميسليوم الأعفان على سطح الغذاء كما يمكن للأحياء الدقيقة أن تحدث تغييراً في لون صبغات الغذاء (كلوروفيل وكاروتين مثلاً) . كما تقوم الأحياء الدقيقة بتكوين دكسترانات dextrans أو ليفانات levans من السكاكر الـ اية الموجودة في الغذاء وتظهر في صورة مواد لزجة على سطح الأغذية مثل اللحم والدجاج والسماك أو في صورة تحلل ropines في أغذية مثل اللبن والخبز، كما قد تتواجد الدكسترانات في صورة كتل كروية أثناء تصنيع سكر القصب والبنجر فتزيد لزوجة المحاليل السكرية وتعيق عملية الترشيح والبلورة .

ثانياً : أمثلة للعيوب الشائعة التى تسببها الأحياء الدقيقة فى بعض الأغذية :

كما ذكرنا ؛ فإن فساد الأغذية الميكروبي لا يتحقق إلا بوجود أعداد هائلة من الأحياء الدقيقة فى الغذاء وأن الأحياء الدقيقة المسببة لفساد غذاء معين هى تلك القادرة على النمو ويكون لها السيادة تحت الظروف المحيطة بهذا الغذاء (العوامل المؤثرة على نمو الميكروبات) وفيما يلى أمثلة لبعض العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى أغذية معينة .

1 - الفاكهة والخضروات الطازجة

هذه المنتجات رطبة للغاية وبالتالي تكون شديدة التعرض للفساد بواسطة الأحياء الدقيقة ومع ذلك نجد أن كلا من اللعنين يختلفان اختلافا جوهريا عن الآخر فالفاكهة عادة حامضية وتحتوى تركيزاً أعلى من السكاكر بينما الخضروات لها قيمة أس هيدروجيني (pH) متعادل وتحتوى كمية أقل من السكاكر . وبالتالي فإن نوع الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن فساد الفاكهة تختلف عن تلك المسببة لفساد الخضروات ، فحموضة الفاكهة تجعلها أكثر مقاومة لنمو البكتريا - باستثناء البكتريا المقاومة للحموضة (*Leuconostoc - Lactobacillus*) - ولكن هذه الظروف تساعد نمو الأعفان والخمائر . ويظهر فساد الفاكهة بواسطة الأعفان فى صورة مناطق نائلة (أو عفنة rotted) عليها نمو واضح من الميسليوم والسبب فى وجود ذاء تلف الأنسجة (التعفن) rotting هو إنتاج إنزيمات محللة للبكتين وتسبب طراوة النسيج . وأهم الأعفان المسببة لفساد الفاكهة تتبع الأجناس *Alternaria - Byssoschlamys - Penicillium - Rhizopus* . وتسبب الخميرة عادة فسادا ثانويا secondary spoilage حالما سببت الأعفان الفساد الأولى primary spoilage أو طالما حدث تلف لسبب آخر لنسيج الفاكهة ، مما يتيح للخميرة الدخول للأنسجة والنمو والتكاثر على السكاكر الموجودة داخل النسيج اللبائى . وأهم الخمائر المشاركة فى فساد الفاكهة أنواع نائمة للأجناس *Debaryomyces - Candida - Hanseniaspora - Hansenula - Kloeckera - Pichia - Saccharomyces - Torulopsis* . ويبين الجدول رقم 9 - 13 أهم العيوب فى بعض الفاكهة ومنتجاتها .

جدول رقم 13 - 9 : بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في المأكلة ومنتجاتها

الاسم العلمي للكائن المسبب للعيوب	المسبب	المادة الغذائية
<i>Penicillium expansum</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Byssosclamyces fulva</i> , <i>Penicillium</i> <i>Penicillium digitatum</i> <i>Torulopsis</i> , <i>Candida</i> , <i>Pichia</i> <i>Alternaria</i> <i>Kloeckera</i> <i>Rhizopus</i> <i>P. digitatum</i> <i>P. italicum</i> <i>Alternaria</i> <i>Saccharomyces</i> , <i>Candida</i> <i>Hanseniaspora</i> , <i>Torulopsis</i> <i>Gluconobacter</i> <i>Rhodotorula</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Hansenula</i> <i>Lactobacillus</i> , خمائر <i>Acetobacter</i> <i>Penicillium</i> Nonfermenting yeast خمائر غير مخمرة Fermenting yeast خمائر مخمرة <i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i> <i>Xeromyces bisporus</i> Osmophilic yeasts خمائر محبة للملح الإسمرى للحمى	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأزرق داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأسود داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى soft rot داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأخضر تعفن black rot للتعفن الأسود تعفن soft rot للتعفن الطرى green mould العفن الأخضر العفن الأزرق العفن الأسود تعفن حموضة softening طراوة حموضة - CO ₂ طعم لؤل نمو العفن على السطح عكارة عكارة وكحول نكهة الزبد نمو فطري تعفن	المأكلة الطازجة (عموما) التفاح الموز البراق المزاح الباح الخبز الزبد عصائر المأكلة عصائر الخبز نمو العفن على السطح عكارة عكارة وكحول نكهة الزبد المزى والجلد تعفن

المصدر : مختصر من (1989) Banwart .

أما فساد الخضروات فتجد أن لكل من البكتريا والأعفان دوراً هاماً في حدوثه، وإما كانت البكتريا تنمو أسرع من الأعفان فيالتالي فهي المسؤولة أكثر عن فساد الخضروات. ونجد أن أعراض فساد للخضروات بالأعفان تشابه نفس أعراض فساد الفاكهة بالأعفان. كما تسبب البكتريا داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى wet or soft rots، ويبدأ التعفن الطرى كمناطق صغيرة غائرة على الخضروات ثم لا تلبث أن تتحول هذه المناطق إلى التعفن الطرى حيث تنتشر لتشمل الخضار كله. وتكون أعراض الفساد هذه نتيجة لفعل الإنزيمات المحللة للبكتين ومن أهم الأجناس البكتيرية المنتجة للإنزيمات انحلاله للبكتين والمسببة لفساد الخضروات الأجناس: *Xanthomonas* – *Pseudomonas* – *Clostridium* – *Erwinia*. أما الأعفان الهامة في فساد الخضروات فتشمل الأجناس: *Aspergillus* – *Alternaria* – *Rhizopus* – *Fusarium* (جدول رقم 10 - 13).

جدول رقم 10 - 13: بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الخضروات ومنتجاتها

المادة الغذائية	المسبب	الأسم العلمي للكان المسبب للعيوب
الخضروات الطازجة	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى	<i>Erwinia carotovora</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>
	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى الأسود	<i>Alternaria</i> , <i>Rhizopus nigricans</i>
	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة الففن الأسود	<i>Aspergillus niger</i>
	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة الففن الأزرق	<i>Penicillium</i>
الجزر	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى	<i>E. carotovora</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>
البصل	تعفن الرقبة neck rot	<i>Botrytis allii</i>
	داء تلف الأنسجة (التعفن) البنى	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	الففن الأسود black mold	<i>Aspergillus niger</i>
البطاطس	داء تلف الأنسجة (التعفن) الجاف dry rot	<i>Fusarium</i>
المطعم	تعفن	<i>Candida</i> , <i>Pichia</i> , <i>Hanseniaspora</i> , <i>Kloeckra</i>
	تعفن فطرى fungal rot	<i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Monilia</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Rhizopus</i>

تابع جدول رقم 13 - 10 :

المادة الغذائية	المرض	الاسم العلمي لتكاثر السبب للعيب
الطحالب	بقع أو لخط بكتيرية bacterial spot	<i>Xanthomonas</i>
مخلات	طراوة	<i>Bacillus</i>
	إسوداد	<i>Bacillus</i>
	نقص الحموضة	خمير
عصير	حموضة	<i>Lactobacillus, Acetobacter</i>
خضروات		

المصدر : مختصر من (1989) Banwart .

2 - الحبوب والمكسرات وبعض الأغذية الكريوهدراتية الأخرى

عادة ما تكون الحبوب والمكسرات جافة قبل تخزينها لذلك تكون مقاومة للفساد بواسطة الأحياء الدقيقة، وعلى الرغم من ذلك فإن الأحياء الدقيقة قد تفسد هذه الأغذية إذا لم تجفف لدرجة مناسبة أو لم يتم المحافظة على حالتها للجافة وفي هذه الحالة ينتج الفساد بواسطة الأعفان (جدول رقم 13 - 11) لأن هذه الأغذية - في حالة عدم تجفيفها لدرجة مناسبة - تظل جافة للدرجة التي تمنع نمو البكتيريا. وفساد هذه الأغذية يشمل تغيير المظهر نتيجة لللمو الفرائي أو الزغبى furry or fuzzy لميسيليوم العفن ، فقد في الوزن والمغذيات ، وتكوين سموم فطرية.

لما الخبز فيفسد بواسطة الأعفان وأيضاً بواسطة البكتيريا مثل *Bacillus subtilis* وبكتيريا حامض اللاكتيك (جدول رقم 13 - 11) .

تتميز الأغذية مثل الشيكولاته والعسل والمحاليل السكرية والمياه الغازية بوجود نسبة عالية من السكر بها لذا فإنه إذا تم تداولها بطريقة سيئة فإنها تفسد بواسطة الخمائر المحبة للضغط الإسموزي العالي أو المقاومة للضغط الإسموزي العالي (جدول رقم 13 - 11) .

جدول رقم 13 - 11 : بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الحبوب وبعض الأغذية الكريوهيدراتية الأخرى

المادة الغذائية	العيوب	الأسم العلمي للكائن المسبب للحبوب
الحبوب	نمو فركلي من الحن	<i>Penicillium - Aspergillus</i>
	فساد اللون	<i>Rhizopus nigricans</i>
الفول السوداني والسكرات	نمو فركلي من الحن	<i>Aspergillus - Penicillium - Fusarium</i>
الخبز	التحليل	<i>Bacillus Subtilis</i>
	الحن الأسود	<i>Rhizopus nigricans</i>
	الحن الأزرق	<i>Penicillium</i>
	الحن البردي	<i>Neurospora</i>
	طعم حامض	بكتريا حامض اللاكتيك
شيكولاته	تخمر	خمائر مقاومة أو محبة للضغط الإسموزي العالي
عسل	تخمر ونكهة للخميرة	خمائر محبة للضغط الإسموزي العالي <i>Torulopsis</i>
ماء غازية	عكارة	خمائر
محاليل سكرية	الزوجة	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
	تخمر وطعم للخميرة	خمائر محبة للضغط الإسموزي العالي

المصدر : مختصر من (1989) Banwart .

3 - المنتجات الحيوانية

تعتبر اللحوم والدواجن والأغذية البحرية أغذية قابلة للفساد بدرجة كبيرة very perishable لاحتوائها على جميع المغذيات والرطوبة اللازمة لنمو الأحياء الدقيقة ، لذلك يتم تبريدها وتحفظ إما في الثلج أو في التلجالات ومن ثم تسود فيها البكتيريا السيكتروتروفية لتصبح المسبب الرئيسي لفساد هذه الأغذية. وقد وجد أن أفراد الجنس *Pseudomonas* والبكتيريا القريبة منها تسبب معظم الفساد في اللحوم، الدواجن، الأسماك، الجمبرى، البيض. وبالتالي تتشابه أعراض الفساد في اللحوم والدواجن والأغذية

البحرية لتشمل : رائحة غير مرغوبة - لزوجة السطح - تغير اللون .

تفسد اللحوم المبردة نتيجة للنمو البكتريا *Alcaligenes - Acinetobacter* - *Pseudomonas* . ويظهر الفساد في صورة رائحة غير مرغوبة ووجود مواد لزجة على السطح (جدول رقم 13 - 12) . وعند تخزين اللحوم في الثلاجات قد تفقد رطوبة وبالتالي ينخفض نشاط الماء مما يبطئ البكتريا المسببة لفساد اللحوم عادة وإذا انخفض نشاط الماء لأقل من 0.96 تبدأ الأعفان في النمو لتسبب عيوباً متنوعة في اللحوم المبردة (جدول رقم 13 - 12) .

ولكن اللحوم المنضجة *cured meat* والمتخمرة تسود فيها أنواع أخرى من الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وذلك يرجع لانخفاض كل من قيمة الأس الهيدروجيني ونشاط الماء بالإضافة لوجود مواد حافظة (نيتريت) وأهم الأحياء الدقيقة المسببة لفساد هذه المنتجات *Lactobacillus, Micrococcus* وبعض الفطريات (جدول رقم 13 - 12) .

جدول رقم 13 - 12 : أهم العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في اللحوم ومنتجاتها

المادة الغذائية	المسبب	الأسم العلمي للكائن المسبب للعيوب
لحوم مبردة 0 - 5° م (32-41°ف)	رائحة غير مرغوبة - مواد لزجة - فساد للون .	<i>Pseudomonas, Aeromonas, Alcaligenes, Acinetobacter, Microbacterium, Proteus, Flavobacterium, Altermonas, Saccharomyces</i>
	نمو للفن	<i>Penicillium</i>
	بقع سوداء	<i>Cladosporium</i>
	بقع بيضاء	<i>Sporotrichum</i>
السوق	مواد لزجة على السطح	خمائر <i>Micrococcus</i>
	تغير للون إلى الأخضر	<i>Lactobacillus viridescens, Leuconostoc</i>
للسوق	مواد لزجة	خمائر
المتخمرة	بقع فطرية	أعفان

المصدر : مختصر من (1989) Banwart .

أهم مظاهر فساد الدراجن هي الرائحة غير المرغوبة وتكوين مواد لزجة وكما هو الحال في اللحوم فإن للجنس *Pseudomonas* يعتبر المسبب الرئيسى للفساد بالإضافة لبعض الأجناس الأخرى مثل *Alcaligenes - Acinetobacter* (جدول رقم 13 - 13) .

يفسد البيض سريعاً إذا تم تخزينه أو غسله بطريقة غير مناسبة وبالتالي تستطيع الأحياء الدقيقة اختراق الحرجز الواقية (القشرة والأغشية) وتقاوم المضطربات الطبيعية الموجودة في البيرومين البيض. ويعتبر للجنس *Pseudomonas* أهم مسببات لفساد البيض، بالإضافة لبعض الأعفان (جدول رقم 13 - 13) .

جدول رقم 13 - 13 : بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الدراجن والبيض

المادة الغذائية	المسبب	الاسم العلمى للكتان المسبب للعيوب
لحم الدراجن	رائحة غير مرغوبة - مواد لزجة	<i>Pseudomonas , Acinetobacter, Alcaligenes, Aeromonas , Alteromonas</i>
البيض	التعفن الأسرى	<i>Proteus, Aeromonas</i>
	حامض	<i>Pseudomonas</i>
	بال قديم musty	<i>Pseudomonas</i>
	نموات من الأعفان	أنواع مختلطة من الأعفان
	التعفن الأحمر	<i>Serratia marcescens</i>
	التعفن الأصفر والأخضر	<i>Alcaligenes , Flavobacterium</i>

المصدر: مختصر من (1989) Banwart .

يعتبر الجنس *Pseudomonas* أنشط الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الأسماك والجمبرى المخزنة على درجة الصفر المئوى (32°ف). أما السمك المملح فيفسد بواسطة البكتريا المحبة للملح (جدول رقم 13 - 14) .

جدول رقم 13 - 14 : بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الأغذية البحرية

المادة الغذائية	المسبب	الأسم العلمي للكائن المسبب للعيوب
السمك الطازج	رائحة غير مرغوبة	<i>Pseudomonas</i> , <i>Alteromonas</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Vibrio</i> , <i>Proteus</i>
	نكهة الفاكهة fruity	<i>Pseudomonas</i>
	رائحة الأمونيا	<i>Pseudomonas</i> , <i>Alteromonas</i>
	رائحة H_2S	<i>Pseudomonas</i> , <i>Alteromonas</i>
السمك المملح	فساد اللون (لون ودي)	<i>Halobacterium</i> , <i>Halococcus</i>
الجمبري	رائحة غير مرغوبة	<i>Pseudomonas</i>

المصدر : مختصر من (1989) Banwart .

تظهر منتجات الألبان روائح غير مرغوبة ويتوقف ظهور عيب بعينه على حسب المنتج اللبنى .. فاللبن السائل المبستر قد تظهر فيه العيوب التالية : تغير النكهة - تزنخ نحالي - إنتاج غاز - طعم حامض (إنتاج حامض لاكتيك) - تخثر البروتينات - لزوجة القوام (اللبن المتحبل ropy milk) - فساد اللون (جدول رقم 13 - 15) . وكما في باقي المنتجات الحيوانية نجد أن أنواع الجنس *Pseudomonas* لها النصيب الأكبر كمسبب لعيوب اللبن ومنتجاته (طعم مر - تزنخ - رائحة الفاكهة fruity odour) . كذلك تلعب بكتريا حامض اللاكتيك وغيرها من البكتريا دوراً في فساد اللبن . والجدير بالذكر أنه عند تصنيع منتج لبنى من لبن به عيب معين فإن هذا العيب يظهر في هذا المنتج اللبنى .

يفسد الزبد نتيجة لنمو الأحياء الدقيقة المحللة للدهون ووجود الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة كتسبب في نكهة التزنخ، كما يمكن للأعفان النمو على سطح الزبد كما تحدث البكتريا السيكتروتروفية تغيرات غير مرغوبة في نكهة الزبد .

أما منتجات الألبان المتخمرة .. فإنها تفسد بواسطة البكتريا والفطريات . والبكتريا المنتجة للغازات يمكنها أن تحدث عدة عيوب في اللبن مثل إحداث فجوات أو جيوب غازية

أو شقوق كما تحدث البكتريا الملونة فساد اللون. أما الأعفان فإنها مشكلة شائعة في الجبن والجبن القريش والياغورت (الزيادة) فعند نمو هذه الأعفان على هذه المنتجات يصبح لها مظهر فرائى غير مقبول، كما أن بعض الأعفان لها قدرة عالية على إنتاج الإنزيمات المحللة للبروتين والدهون وبالتالي تسبب عيوباً جوهرياً في طعم وقوام الجبن. بالإضافة لإنتاج السموم الفطرية بواسطة بعض الأعفان. كذلك تسبب الخمائر عيوباً في الجبن مثل تغيير اللون والنكهة غير المرغوبة والعيب الغازى frothy، كما تسبب نكهة الخميرة في الياغورت (الزيادة) (جدول رقم 13 - 15) .

جدول رقم 13 - 15 : أهم العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في اللبن ومنتجاته

المادة الغذائية	المسبب	الاسم العلمى للكائن المسبب للعيوب
اللبن المبستر المبرد	قرنخ تحول أو مواد لزجة حامضى (حامض وغلا) فساد اللون	<i>Pseudomonas</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Staphylococcus</i> <i>Coliforms</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus subtilis</i> بكتريا حامض اللاكتيك
الجبن	غازى - حامض بيوتريك	<i>Chromobacterium</i> <i>Clostridium tyrobutyricum</i>
الجبن الطرى	نمو الأعفان العفن الأسود	<i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Mucor</i>
الجبن القريش	نموات على السطح خفرة لزجة - رائحة ممتعة	<i>Torulopsis</i> , <i>Debaryomyces</i> <i>Pseudomonas</i>
ياغورت	فساد اللون نكهة الخميرة	أعفان وخمائر خمائر أمعها <i>Flavobacterium</i> , <i>Torulopsis</i>

المصدر: مختصر من Banwart .

4 - الأغذية المعلبة

قد تفسد الأغذية المعلبة لأحد الأسباب التالية: معاملة حرارية غير كافية - وجود نفيس في العلبة - التخزين على درجة حرارة عالية أو عدم كفاءة عملية التبريد، وذلك

بالإضافة لاحتمال وجود عيوب في العلب نفسها أو تداول العلب بطريقة سيئة .

تفسد المطبات غير المعاملة بدرجة كافية عادة بواسطة البكتريا المكونة للأبواغ والمقاومة للحرارة مثل *Clostridium* ، *Bacillus* ، *Desulfotomaculum* والتي يمكنها البقاء حية بعد هذه المعاملة الحرارية .

أما التسفيس leakage فيسبب فساد المطبات بواسطة البكتريا غير المكونة للأبواغ والتي لا يمكنها مقاومة المعاملة الحرارية ولكنها تدخل إلى العلب بعد المعاملة الحرارية . ويعطى التخزين على درجات حرارة مرتفعة أو عدم كفاءة التبريد الفرصة للبكتريا المكونة للأبواغ والمحبة لدرجات الحرارة العالية والمقاومة للحرارة *heat - resistant thermophilic bacteria* ، يعطيها فرصة لكي تنمو .

يوجد أربعة أنواع من البكتريا المحبة لدرجات الحرارة العالية أو المقاومة لدرجات الحرارة العالية والمكونة للأبواغ تعتبر من أهم مسببات الفساد للأغذية المطبوعة (جدول رقم 13-16) .

أ - البكتريا *Bacillus stearothermophilus* : وهي بكتريا تكون أبواغ مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وهي لاهوائية اختياراً ويمكنها النمو على 70°م (158°ف) ولكنها غير مقاومة للحموضة لذلك فإنها تتسبب في فساد الأغذية منخفضة الحموضة ويظهر العيب في صورة حموضة ويصبح غطاء العلب مسطحاً وليس مقعراً (flat sour) .

ب - البكتريا *Bacillus coagulans* : أبواغها أقل مقاومة للحرارة ولكنها مقاومة للحمض aciduric لذلك تتسبب في نفس العيب (flat sour) في الطماطم المعبأة (pH منخفض ومعاملة حرارية أقل) .

ج - البكتريا *Clostridium thermosacchorolyticum* : وهذه لها أبواغ مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وتنتج غازاً بكمية كبيرة مما يسبب عيب الانتفاخ الجامد hard swell والعلب المنفجرة blown cans ، وقد يحدث انتفاخ العلب بواسطة أنواع أخرى من *Clostridium* .

د - البكتريا *Desulfotomaculum nigrificans* : وهذه لها قدرة على إنتاج H_2S كحد

الدوائج الأيضية فيفاعل مع أيونات المعادن في الطبة أو الغذاء مكوناً كبريتيدلات المعادن ويعرضها له لون أسود ويعرف بالفساد الكبريتيدى .

أما الخمائر والأعفان فإنها غير ذات أهمية فى فساد الأغذية المعبأة باستثناء أبواغ العفن *Byssochlamys fulva* التى تقاوم المعاملة الحرارية التى تعامل بها الفاكهة المعبأة (جدول رقم 13 - 16) .

جدول رقم 13 - 16 : أهم العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى بعض الأغذية المعبأة

المادة الغذائية	المسبب	الاسم العلمى للكائن المسبب للحب
ذرة - بسلة -	حموضة وغطاء الملية مسطح	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
فول الحمض	فساد كبريتيدى	<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>
	إنتفاخ جامد	<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>
طماطم	حموضة وغطاء الملية مسطح	<i>Bacillus coagulans</i>
	تخمير بوتيرى	<i>Clostridium butyricum</i>
فاكهة	التعفن الطرى	<i>Byssochlamys fulva</i>
لحوم معبأة	غاز - رائحة تعفنية	<i>Clostridium , Bacillus</i>

13 - 7 - طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية (طرق حفظ الأغذية)

إن الهدف الرئيسى للسيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية هو منع أو تأخير قسادها (السيطرة على مسببات الفساد الحقيقى) والحد من المخاطر الصحية الناجمة عن تناول الغذاء (السيطرة على الأحياء الدقيقة للمرضى) .

يمكن تقسيم طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة إلى أربع مجموعات:

تقليل أو منع وصول الأحياء الدقيقة إلى الغذاء (تقليل أو منع تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة)
 - إزالة الأحياء الدقيقة من الغذاء - تأخير وإعاقة نمو الأحياء الدقيقة - قتل أو تحطيم الأحياء الدقيقة.

والجدير بالذكر أن طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة تتمثل فى طرق حفظ الأغذية بيد أن طرق حفظ الأغذية لها أهداف أخرى بالإضافة للسيطرة على الأحياء الدقيقة وتلك تتمثل فى : حماية الأغذية من التفاعلات الإنزيمية والكيميائية التى تؤثر على جودتها - منع فقد المغذيات - المحافظة على الخواص الحسية للغذاء . وسوف نلقى الضوء فى هذا الباب على تأثير طرق حفظ الأغذية على الأحياء الدقيقة فقط .

13-7-1 - تقليل أو منع وصول الأحياء الدقيقة للأغذية Asepsis

تبدأ عمليات السيطرة على الأحياء الدقيقة بالعمل على تقليل وصول الأحياء الدقيقة للأغذية - حيث أن منع وصول الأحياء الدقيقة للأغذية يعتبر مستحيلًا - ويتم ذلك بداية من حصاد الأغذية . ذلك باستخدام التقنيات المناسبة ومراعاة النظافة واتباع الإجراءات والمعدات الصحية السليمة فى حصاد وتعبئة ونقل وتخزين الأغذية وكذلك فى عرضها للبيع (أغذية غير مصنعة) أو أثناء تداولها داخل مصانع الأغذية بداية من الاستلام حتى انتهاء التصنيع، وكذلك تداول المستهلك لها سواء كانت مصنعة أو غير مصنعة . بناءً على ذلك فإن واجب كل من يتعامل مع الغذاء سواء فى إنتاجه أو نقله أو تصنيعه أو تخزينه أو بيعه أو إعداده وتقديمه .. أن يأخذ دوره فى العمل على تقليل تلوث الغذاء (حيث لوحظ أن معظم حالات انتشار الأمراض تكون ناشئة من التداول الخاطئ وتلوث الأغذية فى أماكن تقديم الطعام أو فى المنازل) .. كل ذلك بهدف تقليل الحمل الميكروبي للأغذية حيث أنه كلما قل الحمل الميكروبي ينخفض احتمال وجود الأحياء الدقيقة غير المرغوبة (المسببة للفساد والممرضة) ويكون العمر الحفظى shelf life للغذاء أطول وفى نفس الوقت يسهل السيطرة على الأحياء الدقيقة التى وصلت للغذاء بطرق السيطرة الأخرى .

13-7-2 إزالة الأحياء الدقيقة Removal of microorganisms

تتمثل عمليات إزالة الأحياء الدقيقة من الأغذية على المستوى التجارى فى عمليات الغسيل والطرء المركزى والترشيح . يستخدم الغسيل كخطوة من خطوات تجهيز الكثير من الأغذية بغرض إزالة الأحياء الدقيقة وأجزاء التربة العالقة بالغذاء وبقايا المبيدات، كذلك يستخدم الطرد المركزى كأحدى خطوات التصنيع فى صناعة السكر وترويق بعض عصائر

الفاكهة. أما إزالة الميكروبات كهدف رئيسي فيتمثل في استخدام الترشيع في بعض الأغذية وأحياناً يطلق على هذه العملية أسم البسترة الباردة cold pasteurization وهذه لها استخدامات محدودة مثل ترشيح المياه وبعض عصائر الفاكهة والخل والمياه الغازية والزيوت النباتية. وملعباً هذه الطريقة لا تؤثر على الإنزيمات، فإذا كانت التفاعلات الإنزيمية غير مرغوبة فلا بد من استخدام الحرارة لهدم هذه الإنزيمات.

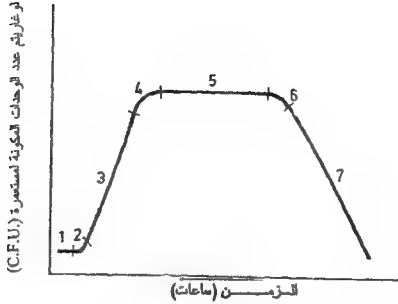
3-7-13 تأخير وإعاقة نمو الأحياء الدقيقة Retarding growth

نجد أن معظم طرق حفظ الأغذية تعتمد على تأخير بداية النمو الميكروبي وإعاقة النمو بمجرد أن يبدأ وذلك عن طريق التأثير على بعض العوامل مثل:
أولاً : خفض درجة الحرارة ويتمثل هذا في حفظ الأغذية بالتبريد والتجميد.
ثانياً : خفض نشاط الماء ويتمثل هذا في حفظ الأغذية بالتجفيف والتجفيد والتجميد والتعليق والتسكر.

ثالثاً : تغيير التركيب الكيميائي للغذاء ويتمثل هذا في حفظ الأغذية باستخدام المواد الحافظة. وقبل التحدث عن هذه العوامل وتلك الطرق المتبعة في حفظ الأغذية فإنه يجب أن نتعرض لما يسمى بمنحنى النمو للأحياء الدقيقة .

منحنى النمو growth curve

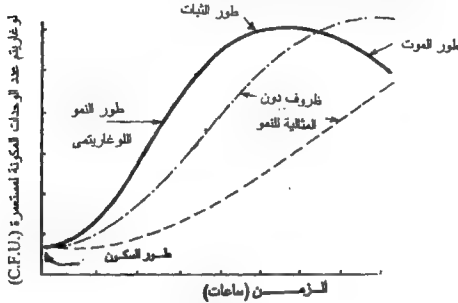
عندما تتوفر الظروف المثالية لنمو الكائن الحي الدقيق فإنه يتكاثر ويمر خلال عدة مراحل تسمى أطواراً. فإذا رسمنا العلاقة بين لوغاريتم عدد "الوحدات المكونة لمستعمرة" / مل أو جم من الغذاء مع الزمن (عدد ثبات باقي العوامل من pH ، A_{90} ، ...) حصلنا على منحنى النمو. ويمكن أن نميز فيه أهم أربعة أطوار (1, 3, 5, 7) - كما ورد في معظم للمراجع - بالإضافة لباقي الأطوار السبعة الواضحة في شكل رقم 13 - 20 .



شكل رقم 13 - 20 : منحنى النمو
المصدر : معدل من Frazier & Westhoff (1988).

- 1- طور السكون lag phase وخلالها لا يحدث زيادة في عدد الخلايا.
- 2- طور النمو المتزايد positive acceleration phase ويحدث خلاله زيادة في معدل التكاثر.
- 3- الطور اللوغاريتمي logarithmic or exponential phase يكون معدل التكاثر خلاله أعلى ما يمكن وثابتاً.
- 4- طور النمو المتناقص negative acceleration phase يقل معدل التكاثر خلاله ولكن يحدث زيادة في العدد.
- 5- طور الثبات stationary phase وهنا يكون عدد الخلايا ثابتاً بمعنى أن عدد الخلايا الجديدة = عدد الخلايا الميتة.
- 6- طور زيادة الموت accelerated death phase يقل فيه معدل التكاثر ويحدث تناقص في عدد الخلايا.
- 7- طور الموت death phase يحدث نقصان في العدد بمعدل سريع ثابت.

أما إذا كانت الظروف المحيطة بالنمو دون الظروف المثلى نتيجة تأثيرات ضاغطة stress من واحد أو أكثر من العوامل المؤثرة على النمو (مغذيات، pH، A_w ، ...) فهذا يمتد طور السكون و/أو يزداد الزمن الجيلي وهو الزمن الذي ينقضى حتى يتم الانقسام في خلية حديثة إلى خليتين جديدتين (شكل رقم 13 - 21).



شكل رقم 13 - 21 : تأثير الظروف دون المثالية للنمو على منحنى النمو
المصدر : Banwart (1989).

فإذا زادت شدة تأثير أحد العوامل أو زاد عدد العوامل المؤثرة (سلباً) فإن الكائن الحي قد لا ينمو أو قد لا يستطيع البقاء حياً survive.

أولاً: تأخير وإعاقة النمو باستخدام درجات الحرارة المنخفضة
1 - التبريد

يعنى التبريد عامة حفظ الغذاء على درجات حرارة أقل من 10°م (50°ف) وأعلى من درجة تجمدها. وعلى ذلك فالأحياء الدقيقة ذات الأهمية في الأغذية المبردة هي تلك السيکروتروفیه والسیکروفیلیه والتي يمكنها النمو على درجات حرارة أقل من 5°م (41°ف)

ولكن يجب أن ننوه هنا إلى أن نمو هذه الأحياء الدقيقة يتناسب تناسباً عكسياً مع الانخفاض في درجة الحرارة. كذلك يمكن لبعض الأحياء الدقيقة المسببة للتسمم الغذائي (*Listeria monocytogenes*, *C. botulinum*) النمو على درجات حرارة 4-6°م (39 - 43°ف) ولكنها لا تستطيع النمو على درجات حرارة أقل من 1.7°م (35°ف). وعلى ذلك فإنه يصبح بتخزين الأغذية المبردة على درجات حرارة أقل من 1.7°م (35°ف) وأعلى قليلاً من درجة تجمدها. ولكن يجب مراعاة نوع الغذاء حيث أن بعض الأغذية تصاب بأضرار (غير ميكروبية) بالتخزين على درجات الحرارة سالفة الذكر (وذلك مثل الباميا، الباذنجان، الليمون، الموز، المانجو...).

نجد أن التبريد يطيل طور السكون ويزيد من الزمن الجيلي بالإضافة لأنه يؤدي لعملية انتقاء للميكروبات الميكروتروفية.

2 - التجميد

تجمد الأغذية لإطالة عمرها التخزيني المتحصل عليه من التبريد وعادة يكون تخزين الأغذية المجمدة تجارياً على درجة حرارة -18°م (-0.4°ف) وبالتالي فإنه لا يمكن للأحياء الدقيقة النمو [لا تنمو الأحياء الدقيقة على درجة حرارة أقل من -15°م (5°ف)]. كما أن للتجميد تأثيراً مميّزاً للأحياء الدقيقة حيث قد يؤدي لقتل حوالي 10% من التعداد الأصلي في أغلب الأحوال وقد تصل هذه النسبة إلى 80%، وذلك يتوقف على: حالة ونوع وعمر الأحياء الدقيقة - معدل التبريد المستخدم - نوع الغذاء وتركيبه الكيميائي. ولكن التعداد المتبقى يمكنه البقاء لمدة طويلة في الأغذية المجمدة. كما أن التجميد يؤدي إلى خفض نشاط الماء للمادة الغذائية حيث يقل الماء المتاح للنمو للأحياء الدقيقة.

ويجب أن يؤخذ في الاعتبار أن الغذاء المجمد بعد تفكيكه يعتبر قابلاً للفساد مثله في ذلك مثل الغذاء الخام تماماً حيث أن العامل المؤثر (درجة الحرارة المنخفضة) على نمو الأحياء الدقيقة قد زال تأثيره بعد التفكيك فوجب أن يتم تناوله بسرعة وإلا حدث له فساد.

ثانياً : تأخير وإعاقة النمو بالتحكم فى نشاط الماء

1 - التجفيف الشمسى والصناعى والتجفيد

نجد أن الأساس الطبى فى طرق الحفظ هذه يعتمد على نزع الماء من الأغذية وبالتالى يقل نشاط الماء بها للحد الذى يمنع نمو الأحياء الدقيقة . ونجد أن أبواغ البكتريا والأعفان تظل حية بمد هذه المعاملات ويمكنها أن تظل فى صورة كاملة لمدة طويلة على الأغذية المصنعة بهذه الطرق .

تؤدى عملية التجفيف عادة إلى تقليل عدد الأحياء الدقيقة ولكن لا تؤدى إلى تعقيم الغذاء، ويتوقف التأثير المميت لعملية التجفيف على عدة عوامل أهمها : نوع وحالة الأحياء الدقيقة الموجودة - ظروف التجفيف (الطريقة المتبعة، درجة الحرارة المستخدمة، زمن ومعدل التجفيف) - نوع الغذاء نفسه (وجود مركبات حامية للأحياء الدقيقة، وجود مثبطات، قيمة الأس الهيدروجينى) . كما لوحظ موت لنسبة معينة من الأحياء الدقيقة أثناء تخزين الأغذية المجففة بالإضافة لحدوث انتقاء لبعض الأحياء الدقيقة .

2 - التمليح والتسكر

لما كان نشاط الماء لغذاء ما على درجة حرارة معينة يحسب من المعادلة

$$A_w = P / p_0$$

حيث P = ضغط بخار الماء فى الغذاء ، p_0 = ضغط بخار الماء النقى

°. تخفيض A_w للغذاء بزيادة تركيز للمذاب solutes فى الوسط المائى بالمادة الغذائية، حيث أنه بزيادة المذاب يقل الضغط البخارى للماء فى الغذاء (P) لأن الضغط البخارى يتوقف على حركة المذيب .

يمكن استخدام الملح والسكر لحفظ الغذاء من الفساد بواسطة الأحياء الدقيقة، ويرجع التأثير لأى منهما إلى خفض A_w للغذاء وبالتالي يمنع الفساد الميكروبي وفى نفس الوقت يرفع الضغط الاسموزى للوسط مما قد يسبب تلف للخلية الميكروبية . كما لوحظ أيضاً تأثير ثانوى آخر للملح وهو تأثير حافظ الذى قد يرجع لأيون Cl^- الذى له تأثير مثبط للأحياء الدقيقة .

ثالثاً : تأخير وإعاقة النمو عن طريق تغيير التركيب الكيماوى للغذاء

المقصود هنا استخدام الكيماويات الحافظة chemical preservatives ويهمننا فى هذا الباب المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة antimicrobial preservatives وهى تلك الكيماويات التى تؤخر وتعيق الفساد الميكروبى للغذاء.

1 - العوامل المؤثرة على فعل المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة

أ- نوع المادة الحافظة وتركيزها

نجد أن المادة الحافظة قد تثبط نمو الأحياء الدقيقة germistat وقد تكون متخصصة للبكتريا bacteriostat أو متخصصة للفطريات fungistat أو قد تكون قاتلة أو مميتة للأحياء الدقيقة germicide ومنها القاتل للبكتريا bactericide والقاتل للفطريات fungicide ويجب مراعاة أنه يوجد خيط رفيع بين التأثير المثبط germistatic والتأثير المميت germicidal لهذه المواد الحافظة على الأحياء الدقيقة فقد يكون للمادة الحافظة تأثير مثبط فى تراكيزاتها المنخفضة بينما يكون لها تأثير قاتل أو مميت فى تراكيزاتها العالية.

ب- نوع وحالة وعدد الأحياء الدقيقة المتواجدة فى الغذاء

تقاوم الأبواغ فعل المواد الحافظة بدرجة أكبر من الخلايا الخضرية، وتعتبر أبواغ البكتريا أكثر أنواع الأحياء الدقيقة مقاومة للمواد الحافظة ثم الخمائر بينما نجد فى معظم الأحيان أن الأعفان تعتبر أكثر الأحياء الدقيقة حساسية لفعل المواد الحافظة. كما توجد اختلافات فى حساسية الأنواع المختلفة التابعة لكل مجموعة من الأحياء الدقيقة (بكتريا - خمائر - أعفان) وهذه الاختلافات ليست مقصورة على الأنواع فقط بل توجد اختلافات بين سلالات النوع الواحد من حيث حساسيتها للمواد الحافظة. كما وجد أن خلايا الأحياء الدقيقة فى طور النمو اللوغاريتمى تكون أكثر حساسية منها فى طور الثبات. ويزيادة عدد الأحياء الدقيقة يزداد تركيز المادة الحافظة اللازمة لإحداث تثبيط أو قتل لهذه الأعداد.

ج - نوع الغذاء وقيمة الأس الهيدروجينى له ودرجة الحرارة التى يخزن عليها الغذاء

- قد تتفاعل مكونات الغذاء مع المادة الحافظة وتجعلها أقل فعالية أو خاملة تماماً. كما

يسمح الغذاء السائل بالتقاء أو تفاعل أسهل بين الأحياء الدقيقة والمادة الحافظة بالمقارنة بالغذاء الصلب.

... وقد وجد أن فعالية الكثير من المواد الحافظة تزداد في الأغذية الحامضية.

– كما لوحظ أن فعل المادة الحافظة ضد الأحياء الدقيقة يزداد بزيادة درجة الحرارة المخزن عليها الغذاء خاصة إذا كانت أعلى من درجة حرارة النمو المللي للأحياء الدقيقة الموجودة في الغذاء.

2 - ميكانيكية فعل المواد الحافظة على الأحياء الدقيقة

بالإضافة لتأثير المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة على الغذاء من الناحية الكيميائية (تغيير pH الغذاء مثلاً) مما يؤدي لتأخير وإعاقة الأحياء الدقيقة فإن هذه المواد الحافظة تؤثر مباشرة على الأحياء الدقيقة بعدة طرق أهمها : تثبيط الإنزيمات – تثبيط بناء البروتين داخل الخلية – تغيير في DNA للخلية – التأثير على جدار و/أو غشاء الخلية – تغيير قيمة الأس الهيدروجيني داخل الخلية.

3- أمثلة على أهم المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة

يجب قبل استخدام أية كيماويات كمواد مضافة للأغذية أن يكون قد تم اختبارها بواسطة الهيئات الصحية المعروفة مثل هيئة الأغذية والعقاقير الأمريكية FDA أو منظمة الصحة العالمية WHO. ويوضح الجدول رقم 13 - 17 أهم المواد الحافظة والرقم الدولي لكل مادة طبقاً للجنة دستور الأغذية CAC. مع ملاحظة أن كل مادة حافظة مسموح باستخدامها في أغذية معينة وليست في كل الأغذية، كما يختلف التركيز المسموح به من نفس المادة الحافظة باختلاف نوع الغذاء.

جدول رقم 13 - 17: أهم المواد الحافظة المضادة للحياة الدقيقة المسموح باستخدامها في الأغذية وأرقامها الدولية طبقاً لنظام الترقيم الدولي (INS*)

الرقم الدولي INS	اسم المادة الحافظة المضادة للحياة الدقيقة	الرقم الدولي INS	اسم المادة الحافظة المضادة للحياة الدقيقة
200	حامض السوربيك وأملاحه	260	حامض الخليك ومشتقاته
201	حامض السوربيك	261	حامض الخليك
202	سوربات الصوديوم	262	خلات البوتاسيوم وثلاثي خلات البوتاسيوم
203	سوربات البوتاسيوم	263	خلات الصوديوم وثلاثي خلات الصوديوم
	سوربات الكالسيوم	265	خلات الكالسيوم
220	ثاني أكسيد الكبريت وأملاح الكبريت	266	دي هيدروحامض الخليك
221	ثاني أكسيد الكبريت		دي هيدروخلات الصوديوم
222	كبريت الصوديوم		حامض البنزويك ومشتقاته
223	كبريت أحادي الصوديوم	210	حامض البنزويك
224	ميثايل سلفيت الصوديوم	211	بنزوات الصوديوم
225	ميثايل سلفيت البوتاسيوم	212	بنزوات البوتاسيوم
226	كبريت البوتاسيوم	213	بنزوات الكالسيوم
	كبريت الكالسيوم	214	إيثيل بارا هيدروكسي حامض البنزويك
249	أملاح الليثيوم والليثرات	215	إيثيل بارا هيدروكسي بنزوات الصوديوم
250	نيتريت البوتاسيوم	216	بروبيل بارا هيدروكسي حامض البنزويك
251	نيتريت الصوديوم	217	بروبيل بارا هيدروكسي بنزوات الصوديوم
252	نترات الصوديوم	218	ميثيل بارا هيدروكسي حامض البنزويك
	نترات البوتاسيوم	219	ميثيل بارا هيدروكسي بنزوات الصوديوم
	المعادن الحرة		حامض البروبيونيك وأملاحه
234	نيسين	280	حامض البروبيونيك
235	نيتاميسين	281	بروبيونات الصوديوم
		282	بروبيونات الكالسيوم
		283	بروبيونات البوتاسيوم

INS* : أصدرت لجنة دستور الأغذية قائمة بالمواد المضافة التي تم تقييم سلامتها للاستخدام في الغذاء وأعطيت لكل مادة مضافة رقم .. وهذا النظام في الترقيم يعرف باسم نظام الترقيم الدولي

.International Numbering System (INS)

المصدر: مأخوذة من (1990) Smith .

وفيما يلي مناقشة مختصرة لأهم هذه المواد.

أ - حامض الخليك ومشتقاته

يتميز حامض الخليك برخص ثمنه وسهولة الحصول عليه وهو من المواد المعروفة عامة بأنها آمنة (GRAS) generally recognized as safe في حدود استخدامها ويضاف هذا الحامض للأغذية طبقاً لممارسة التصنيع الجيدة (GMP) good manufacturing practice أما مشتقاته مثل دى هيدروخليك وثلاثى خلات السوديوم فتستخدم بتركيزات 0.2 - 0.4 ٪. يرجع الفعل المثبط للجزئ غير الملحل undissociated molecule (كثيره من الأحماض العضوية مثل البنزويك والبرويونيك) وبالتالي يترقب فعله على قيمة الأس الهيدروجيني (pH) للغذاء وهو فعال في الأغذية الحامضية. وهو فعال ضد معظم الأحياء الدقيقة باستثناء القليل منها مثل بكتريا حامض اللاكتيك والجنس *Acetobacter*. وبعض الأعفان والخمائر.

يضاف حامض الخليك في صورة خل كمادة حافظة وكواحد من التوابل للعديد من الأغذية مثل المخللات، المايونيز، المستردة mustard، الكاتشب، الخبز وبعض منتجات المخابز الأخرى.

ب - حامض البنزويك ومشتقاته

يؤثر حامض البنزويك على الخمائر والأعفان بصفة رئيسية وله تأثير أقل على البكتريا وتتميز أملاح هذا الحامض بذائبيتها العالية بالمقارنة بالحامض نفسه. تستخدم إسترات الباراهيدروكسى بنزويك في مدى واسع من قيمة الأس الهيدروجيني لأن فعاليتها غير معتمدة على pH الغذاء (يمكن حامض البنزويك والذي يستخدم في الأغذية الحامضية) ويستخدم حامض البنزويك ومشتقاته بحد أقصى 0.1 ٪ سواء الحامض نفسه أو أحد مشتقاته أو خليط من أكثر من مشتق أو خليط من أحد هذه المركبات مع حامض السوربيك أو أحد أملاحه. ويستخدم في الكثير من الأغذية مثل الجلى، المرملة، للمرى، المايونيز، مركزات المصائر، سلاطة الفاكهة، المياه الغازية، المخللات، المارجرين.

ج - حامض البروبيونيك وأملاحه

لهذا الحامض وأملاحه تأثير مثبط جيد ضد الأعفان ولكن التركيزات المسموح بها في الأغذية لا تؤثر على الخمائر، لذلك يستخدم بنجاح في الخبز. كما أن له تأثير على العديد من البكتيريا. يستخدم في منتجات المخازن لمنع نمو العفن ومنع التحلل ropiness بتركيزات تصل 0.3 % من وزن الدقيق منفرداً أو في خليط من الحامض وأحد أملاحه أو مع حامض السوربيك وأملاحه وكذلك يستخدم في اللبن المصنوع بواقع 0.3 %.

د - حامض السوربيك

يعتبر حامض السوربيك الحامض الوحيد غير المشبع المسموح باستخدامه في الأغذية كمادة معضادة للأحياء الدقيقة. له تأثير مثبط للفطريات ووجد أن فعاليته تشمل الأحياء الدقيقة الموجبة لاختبار الكتاليز شاملة الخمائر والأعفان والبكتيريا. ولكنه لا يؤثر على البكتيريا السالبة لاختبار الكتاليز مثل بكتيريا حامض اللاكتيك، لذلك فإنه يستخدم في الأغذية المتخمرة المحفوظة بالحامض acidulated. يستخدم في كثير من الأغذية مثل الخبز - الجبن - منتجات المخازن الأخرى - عسائر الفاكهة - الفاكهة المجففة - الجلي - المرملة وذلك بنسب تتراوح بين 0.02 - 0.3 % وفي بعض الأحيان يستخدم بتركيزات أعلى تصل 1.6 % كما في المارجرين.

هـ - ثاني أكسيد الكبريت وأملاح الكبريتيت

لهذه المركبات تأثير مثبط ضد كل من الخمائر، الأعفان، البكتيريا ويزداد نشاطها مع انخفاض pH الغذاء، ويرجع هذا النشاط أساساً لحامض الكبريتوز غير المحلل مع undissociated sulfurous acid الذي يسود عند pH أقل من 3.

وتختلف مجاميع الأحياء الدقيقة في تأثرها بهذه المركبات فالأعفان تعتبر أكثر الأحياء الدقيقة تأثراً بليها البكتيريا (خاصة تلك السالبة لصبغة جرام) ثم الخمائر؛ وتستخدم هذه المركبات في الأغذية التالية: الزبيب - المشمش المجفف - الفاكهة المجففة - الخضروات المجففة - السكر - الخل - الخيار المخلل - المربى. وفي كثير من الدول يحظر استخدام ثاني أكسيد الكبريت في الأغذية الغنية في فيتامين ب، حيث يسبب تكسر هذا الفيتامين الهام. تختلف التركيزات المسموح بها باختلاف المادة الغذائية حيث تتراوح بين 20 مجم / كجم

فى السكر الأبيض إلى 2000 مجم / كجم كما فى حالة المشمش المجفف.

و- نيتريت و نيترات الصوديوم وال بوتاسيوم

تضاف هذه المركبات أساساً للحفاظ على لون اللحم الأحمر غير أن لها نشاطاً مضاداً للأحياء الدقيقة خاصة عندما توجد فى خليط مع ملح الطعام، وأهم فائدة لهذه المركبات هو تثبيط بكتريا *C. botulinum* فى منتجات اللحوم التى تعامل معاملة حرارية غير كافية للقضاء على هذه البكتريا.

وأهم مشكلة فى استخدام هذه المركبات هو احتمال تكون مركبات النيتروزأمين nitrosamines حيث أن بعضها يعتبر مسبباً للسرطان ويحدث التشوهات الخلقية ويسبب الطفرة والإتجاه الآن نحو استبعاد النيتريت أو تقليل مستواه فى الأغذية غير أنه حتى الآن لا يوجد بديل له يمكن استخدامه فى صناعة اللحوم.

تستخدم نيترات الصوديوم فى بعض أنواع الجبن بواقع 50 مجم / كجم سواءً بمفردها أو كخليط مع نيترات البوتاسيوم كما تستخدم فى بعض منتجات اللحوم بحيث لا تتعدى 500 مجم / كجم. أما نيتريت الصوديوم فيستخدم فى اللحم المملح المطبوخ المطب canned corned beef بعد أقصى 50 مجم / كجم وفى اللانشون وباقى أنواع اللحم المنضج بعد أقصى 125 مجم / كجم .

ز - المضادات الحيوية

قررت الهيئات المسؤولة عن مراقبة الأغذية منع إضافة المضادات الحيوية للأغذية .. ولكن هناك مضادان حيويان مصرح باستخدامهما فى الأغذية الآن فى عديد من البلاد وهما الناتاميسين natamycin والديسين nisin وكلا منهما ليس له أى استخدام علاجى للإنسان أو الحيوان.

- ناتاميسين (بيماريسين pimarinic)

مضاد جبرى ينتج بواسطة *Streptomyces natalensis* . وهو مضاد للفطريات ويسمح باستخدامه فى بعض البلاد مثل الولايات المتحدة الأمريكية حيث يضاف لبعض أنواع الجبن عن طريق غمر الجبن فى محاليل تركيزها 200 - 300 جزء فى المليون كما

يستخدم لوقف النمو الفطري على السجق الهولندي بتركيز 1000 جزء في المليون.

- نيسين nisin

ينتج بواسطة سلالات تابعة للبكتريا *Lactococcus (Streptococcus) lactis* وهو عبارة عن عديد ببتيد مقاوم للحرارة والحموضة ويؤثر على البكتريا الموجبة لصبغة جرام وعلى الأبواغ البكتيرية. يستخدم في الجبن المطبوخ بواقع 12.5 مجم / كجم وأيضاً في اللبن المكثف كما يستخدم لتقليل المعاملة الحرارية اللازمة لتحطيم أبواغ *C. botulinum* في اللحوم مما يحسن من جودة الناتج.

13-7-4 قتل أو تحطيم الأحياء الدقيقة Destruction of microorganisms

تعتمد بعض طرق حفظ الأغذية على تحطيم وقتل الأحياء الدقيقة وتتمثل هذه الطرق في استخدام درجة الحرارة المرتفعة واستخدام الطاقة الإشعاعية.

أولاً: استخدام درجة الحرارة العالية

1- تأثير الحرارة على الخلايا الميكروبية

يرجع التأثير المميت للمعاملة الحرارية (الرطبة) على الأحياء الدقيقة - بصفة رئيسية - لحدوث تجمع coagulation أو دنسرة denaturation لبروتينات وإنزيمات الخلية. بالإضافة لأن الحرارة قد تحدث هدماً في الأحماض النووية (DNA, RNA) أو تلفاً damage للغشاء البلازمي. وقد فُسر موت الأبواغ بالمعاملات الحرارية بأنه راجع لحدوث تغيرات طبيعية وكيميائية تتداخل مع قدرة البرغ على امتصاص الماء.

2 - مقاومة الأحياء الدقيقة لدرجات الحرارة المرتفعة

يمكن تحطيم الخلايا الخضرية لكل من البكتريا والفطريات بالتسخين على درجات حرارة 60 - 80 °م (140 - 176 °ف) لمدة قصيرة، ولكن الأحياء الدقيقة المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة thermoduric والمحببة لدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic تحتاج لمعاملة حرارية أشد من ذلك، ولكن يمكن القول أن جميع الخلايا الخضرية تقتل إذا تعرضت لمعاملة حرارية مدتها 10 دقائق على درجة حرارة 100 °م (212 °ف).

وتعتبر أبواغ الفطريات والبكتريا أكثر مقاومة للمعاملات الحرارية من خلاياها الخضرية

كما أن أبواغ البكتريا تعتبر أكثر مقاومة من أبواغ الفطريات فأكثر أبواغ الفطريات مقاومة للحرارة هي أبواغ العفن *Byssoschlamys fulva* [تتحمل معاملة حرارية 5 ساعات على درجة حرارة 88°م (190°ف)] أما أبواغ البكتريا فتعتبر الأكثر مقاومة للحرارة ونجد أن أبواغ البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة أكثر مقاومة للحرارة من أبواغ البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة .

3 - المعاملات الحرارية المستخدمة في التصنيع

أ - البسترة : Pasteurization

عبارة عن معاملة حرارية مؤتلفة من درجة حرارة وزمن [درجة حرارة بين 60°م - 85°م (140 - 185°ف) لمدة تتراوح بين عدة ثوانى إلى ساعة] وعادة يبرد الناتج بعد المعاملة الحرارية مباشرة . وهى معاملة كافية لقتل معظم الخلايا الخضرية خاصة *Coxiella burnetii* ، *Mycobacterium tuberculosis* ، وتستخدم فى الحالات التالية :

- عندما تكون الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الناتج غير مقاومة للحرارة كما فى الأغذية مرتفعة الحموضة .

- عندما يكون الغرض هو القضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة ولكن المعاملات الحرارية الشديدة تحدث تغيرات غير مرغوبة فى جودة الناتج كما هو الحال فى اللبن .

- عندما يمكن إيقاف نشاط الأحياء الدقيقة المسببة للفساد بوسيلة أخرى بالإضافة للمعاملة الحرارية مثل : التجريد (كما فى حالة اللبن) - إضافة تركيز عالى من السكر (اللبن المكثف المحلى) - إضافة مواد حافظة مثل الأحماض العضوية (المخللات وعصائر الفاكهة) .

ب - التعقيم التجارى Commercial sterilization

ويقصد بها عادة المعاملات الحرارية التى تتم على درجة حرارة 100°م (212°ف) أو أعلى . وفى هذه المعاملة لا يحدث تعقيم بالمعنى الطبى (قتل جميع الأحياء الدقيقة وأبواغها) بل يحدث قتل لجميع الأحياء الدقيقة الممرضة وتلك التى قد تسبب فساد الأغذية تحت الظروف العادية للتخزين وتترك بعض الأحياء الدقيقة غير قادرة على النمو .

وعادة تتم كل من عملية البسترة والتعقيم التجارى بطريقة متقطعة لذلك تبدأ الأغذية قبل المعاملة الحرارية فى عبوات يتم غلقها قبل المعاملة الحرارية أو قد تتم المعاملة الحرارية بطريقة مستمرة وهنا يزود خط الإنتاج بنظام تعبئة تحت ظروف معقمة .

ج - التسخين الأومى Ohmic heating

يعتبر التسخين الأومى واحداً من أحدث طرق تسخين الأغذية، ويستخدم فى تسخين الأغذية بطريقة مستمرة ولذلك نجد أن خط الإنتاج فى هذه الحالة يكون مزوداً بنظام تعبئة تحت ظروف معقمة . والأساس العلمى لهذه الطريقة يعتمد على توليد الحرارة عند مرور تيار كهربائى متردد فى محلول موصل للكهرباء . وفى نظام التسخين الأومى يستخدم تيار كهربى منخفض التردد (50 - 60 هيرتز) مزود بأقطاب كهربية خاصة حيث يمر الغذاء (جميع الأغذية المحتوية على سوائل قطبية تعتبر موصلاً جيداً للكهرباء) بصفة مستمرة بين هذه الأقطاب الكهربائية .. وفى معظم الأحوال يمر الغذاء بين عدة وحدات sets من الأقطاب الكهربائية كل واحد منها يقوم برفع درجة الحرارة .

تتمتع ميزة التسخين الأومى فى أن قطع الغذاء الصلب وكذلك الجزء السائل من الغذاء يتم تسخينها فى وقت واحد تقريباً حيث يتم التسخين من الداخل وليس من الخارج كما فى حالة التسخين التقليدى . وبعد التسخين يمكن تبريد الناتج فى مبادلات حرارية مستمرة وتتم التعبئة تحت ظروف معقمة فى عبوات سبق تعقيمها، ويمكن معاملة معظم الأغذية سواء الحامضية أو ذات الحموضة المنخفضة بهذه الطريقة .

وتأثير هذه الطريقة على الأحياء الدقيقة لا يتعدى تأثير الحرارة على الأحياء الدقيقة كما فى حالة التسخين التقليدى أو استخدام الأشعة القصيرة جداً من أشعة الراديو "microwaves" .

4 - الكائن الحي الدقيق الذى على أساس مقاومته للحرارة تحدد المعاملة الحرارية لغذاء ما

سوف نناقش فى هذا الباب تحديد الكائن الحي الدقيق الذى على أساس مقاومته للحرارة تتم المعاملة الحرارية وعلاقة ذلك بقيمة الأس الهيدروجينى للغذاء.

أ - الأغذية ذات الحموضة المرتفعة (pH أقل من 3.7)

من المعروف أن البكتريا المكونة للأبواغ لا يمكنها النمو عند pH أقل من 3.7 . وبناء على ذلك فإن البكتريا غير المكونة للأبواغ وكذلك الفطريات ذات أهمية فى هذه الأغذية ولما كانت المقاومة الحرارية لهذه الأحياء الدقيقة منخفضة (جدول رقم 13 - 18) فإن مثل هذه الأغذية تعامل باليسرة التى تكفى للقضاء على هذه الأحياء الدقيقة وعلى الإنزيمات الموجودة طبيعياً فى هذه الأغذية.

ب - الأغذية الحامضية (pH أعلى من 3.7 - 4.5)

ثم إختبار pH = 4.5 ليكون فارقاً بين الأغذية الحامضية وتلك ذات الحموضة المنخفضة لأنه أقل بدرجة آمنة من pH = 4.7 (حيث يمكن لسلالات البكتريا *Clostridium botulinum* أن تنمو وتنتج أخطر السموم عند pH 4.7 وأعلى).

والميكروبات ذات الأهمية فى هذه الأغذية مبينة فى جدول رقم 13 - 18 ، لذلك فإنه يتم تحديد المعاملة الحرارية على أساس أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للحرارة فى هذه المجموعة وهى البكتريا *B. macerans* ، *B. polymyxa* ، أما فى منتجات الطماطم فتحدد المعاملة للحرارية على أساس البكتريا *B. coagulans* المقاومة للحامض.

مما سبق يتضح أن الأحياء الدقيقة ذات الأهمية فى هذه الأغذية متوسطة المقاومة للحرارة لذلك فإن هذه الأغذية تعامل بمعاملة حرارية متوسطة 100°م (212°ف) لمدة تتوقف على نوع الناتج وباقى العوامل الأخرى.

ج - الأغذية ذات الحموضة المنخفضة (pH أعلى من 4.5)

تعتبر البكتريا *Clostridium botulinum* أخطر الأحياء الدقيقة التى قد تتواجد فى هذه الأغذية (جدول رقم 13 - 18) لذلك تحدد المعاملات الحرارية على أساس القضاء على

جدول رقم 13 - 18 : المقاومة الحرارية النسبية لأهم الأحياء الدقيقة

في الأغذية المعلية

مدى المقاومة الحرارية تقريبا		مجموعات الأحياء الدقيقة
قيمة D بالذئق	قيمة Z بدرجات الحرارة (م)	
D ₁₅₀ (66)		الأغذية ذات الحموضة المرتفعة (pH أقل من 3.7) - بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة وغير مكونة للأبواغ: <i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i>
	1.0 - 0.5	- خمائر وأعتان
D ₂₅₀ (121.1)		الأغذية الحامضية (pH أعلى من 3.7 وأقل من 4.5) - بكتريا مقاومة للحرارة العالية ومكونة للأبواغ:
	0.07 - 0.01	<i>Bacillus coagulans</i>
D ₂₁₂ (190)		- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ : <i>B. Polymxa</i> , <i>B. macerans</i>
	0.5 - 0.10	هوائية لا هوائية مكونة لحامض البيوتريك
	0.5 - 0.10	<i>Clostridium pasteurianum</i>
D ₂₅₀ (121.1)		الأغذية ذات الحموضة المنخفضة (pH أعلى من 4.5) - بكتريا محبة لدرجات الحرارة المرتفعة ومكونة للأبواغ:
	4.0	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	4.0 - 3.0	<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>
	3.0 - 2.0	<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>
		- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ:
	0.2 - 0.1	<i>Clostridium botulinum</i>
	1.4 - 0.1	<i>Clostridium sporogenes</i> (including P. A 3679)

المصدر: معدل عن (ICMSF (1980a), Olson & Nottingham (1975), Karel et al.

* قيمة D : المقصود زمن تقليل العدد الميكروبي للمشر decimal reduction time وهو الزمن اللازم لتقليل عدد الأبواغ أو الخلايا الميكروبية بمقدار دورة لوغاريتمية واحدة أو الزمن اللازم لتحطيم 90 % من تعداد الأبواغ أو الخلايا الميكروبية . والرقم أسهل حرف D يقصد به درجة الحرارة (م) التي شئت عندما المعاملة الحرارية.

** قيمة Z: درجات الحرارة (م) اللازمة لإحداث تغير في قيمة D بمقدار دورة لوغاريتمية واحدة .

هذه البكتيريا؛ حيث نجد أن هذه البكتيريا لاهوائية محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ، فإذا تركت أى أبواغ داخل العبوة بعد المعاملة الحرارية فإنها تنمو لأن الظروف داخل العبوة لاهوائية كما أن التخزين يتم على درجات حرارة مناسبة للموفا ومن ثم تنمو وتنتج السموم . لذلك تعامل هذه الأغذية معاملة حرارية شديدة نسبياً (240 - 250 °ف لمدة مختلفة حسب المنتج وظروف أخرى) وعلى الرغم من وجود بكتيريا مكونة للأبواغ ومحبة لدرجات الحرارة العالية ولها مقاومة أعلى من *C. botulinum* فى هذه المجموعة ... إلا أن هذه البكتيريا لا يمكنها النمو على درجات حرارة للتخزين العادية لأن درجة حرارة نموها الدنيا هى حوالي 38 م° (100°ف) .

أما إذا كان الغذاء المعبأ سوف يخزن على درجة حرارة عالية بحيث تكون هناك ثمة خطورة من فسادة بواسطة الأحياء الدقيقة اللاهوائية المحبة لدرجات الحرارة العالية المكونة للأبواغ فإنه يجب تحديد المعاملة الحرارية على أساس أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للحرارة فى هذه المجموعة وهى *C. thermosaccharolyticum* أو البكتيريا اللاهوائية اختصاراً المكونة للأبواغ والمحبة لدرجات الحرارة العليا *B. Stearothermophilus* .

ثانياً : استخدام الطاقة الإشعاعية (حفظ الأغذية بالتشعيع)

يمكن استخدام الأشعة المؤينة ionizing radiation مثل أشعة جاما بهدف قتل الأحياء الدقيقة ويفسر الفعل المميت لهذه الأشعة عن طريق تكسير الروابط الكيميائية فى جزيئات كبيرة macromolecules هامة مثل DNA فى الأحياء الدقيقة (نظرية الهدف) أو عن طريق تأيين الماء والذى ينتج عنه تكوين أصول حرة عالية النشاط ($H\cdot$, $OH\cdot$, $HO_2\cdot$) قادرة على كسر الروابط الكيميائية فى الكائنات الحية الدقيقة .

كما يمكن استخدام الأشعة غير المؤينة مثل الأشعة فوق البنفسجية لغرض . ويرجع التأثير المميت للأشعة فوق البنفسجية نتيجة حدوث امتصاص لها خاصة عند أطوال موجات 210 - 300 نانومتر، ويوجد إجماع بين المراجع على أن أكثر أطوال الموجات فعالية ضد الأحياء الدقيقة هى تلك القريبة من 260 نانومتر . ونجد أن الأشعة فوق البنفسجية (210 - 300 نانومتر) تنصت بواسطة البروتينات والأحماض النووية الموجودة فى خلية

الكائن الحى الدقيق ويحدث التأثير المميت فى DNA الخلية ، وجزء كبير من هذا التأثير المميت يرجع لتكوين نيكليوتيدات ثنائية nucleotide dimer وهذه المركبات تثبط تخليق الـ DNA كما تثبط تخليق البروتين وRNA ولكن بدرجة أقل ... مما قد يؤدي لموت الخلية. ونظراً لأن الأشعة فوق البنفسجية لها قوة اختراق محدودة لذا فإنها تستعمل فى تحطيم الأحياء الدقيقة المسببة للتلوث على السطوح.

انتشر استخدام أفران الأشعة القصيرة جداً من أشعة الراديو ، microwaves - فى الآونة الأخيرة - فى المنازل بالإضافة لاستخداماتها المتعددة على المستوى الصناعى. وهذه الأشعة تقع بين الأشعة تحت الحمراء وأشعة الراديو القصيرة shortwaves فى طيف الأشعة الكهرومغناطيسية...التالى فإن لها تردداً عاليا نسبيا. وعادة يتم تشغيل أفران الميكروويف عند 915 أو 2450 ميجاسيكل، وعند 915 ميجاسيكل فإن التيار الكهربائى ينعكس 915 مليون مرة فى الثانية الواحدة. من المعروف أن الجزيئات القطبية polar مثل الماء توجد عليها شحنة سالبة وكذا شحنة موجبة مركزة على نهايتى الجزيئ فعند مرور الميكروويف خلال الغذاء نجد أن هذه الجزيئات تحاول أن تنظم نفسها مع الحقل الكهربائى الذى ينعكس 915 أو 2450 مليون مرة فى الثانية الواحدة وهذه الحركة السريعة للخلف والأمام تسبب احتكاكاً بين الجزيئات يظهر فى صورة حرارة، بمعنى أن الحرارة تأتى داخليا وليست من الخارج (كما فى طرق التسخين التقليدية) وهذا النوع من التسخين سريع جداً. ويجب أن نلاحظ أن الجزيئات القطبية فقط هى التى تسخن مباشرة بواسطة الميكروويف أما الجزيئات غير القطبية فإنها تسخن بطريقة غير مباشرة عن طريق انتقال الحرارة بالتوصيل أو للعمل من الجزيئات القطبية إلى الجزيئات غير القطبية.

ولقد كان هناك بعض المعارض فى المراجع حول تأثير الميكروويف على الأحياء الدقيقة .. ولكن الأمر قد حسم الآن وتم تأكيد أن تأثير الميكروويف القاتل على الأحياء الدقيقة يرجع لتأثير الحرارة المتولدة فقط.

References المراجع 8 - 13

- Alexopoulos , C. J. 1972. Introductory Mycology. Second edition . Wiley Eastern Private Limited , New Delhi.
- Banwart, G. J. 1981. Basic Food Microbiology. First edition. AVI Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut.
- Banwart, G. J. 1989. Basic Food Microbiology. Second edition. AVI (Van Nostrand Reinhold), New York.
- Barnet, H. L. 1960. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Second edition. Burgess Publishing Company, Minneapolis.
- Belitz, H. D.; and . Grosch. 1987. Food Chemistry. Translation from second German edition by D. Hadziyev. Springer Verlag, Berlin.
- Deak, T. , and L. R. Beuchat. 1996. Hanbook of Food Spoilage Yeasts. CRC Press, Inc., New York.
- El - Banna, A. A.; and A. Hurst. 1983. Survival in foods of *Staphylococcus aureus* grown under optimal and stressed conditions and the effect of some food preservatives. Can. J. Microbiol. 29 (3): 297 - 302.
- Eley,A. R.(ed.) 1996. Microbial Food Poisoning. Chapman & Hall. London.
- Frazier, W. C. ; and D. C. Westhoff. 1988. Food Microbiology. Fourth edition. Mc Graw - Hill, Singapore.
- Harrigan, W. F. ; and M. E. McCance. 1976. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Acaemic Press, London.
- Heritage, J.; E. G. V. Evans; and R. A. Killington. 1996. Introductory Microbiology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hui, Y. H. 1992. Encyclopedia of Food Science and Technology. Vol. 2. John Willey & Sons, Inc., New York.
- Hui, Y. H. 1992. Encyclopedia of Food Science and Technology. Vol. 3. John Willey & Sons, Inc., New York.
- Hurst, A., E. Ofori; A. A. El - Banna; and J. Harwig. 1984. Adaptational Changes in *Staphylococcus aureus* MF31 grown above its maximum temperature when protected by NaCl: Physiological studies. Can. J. Microbiol. 30 : 1105 - 1111

- ICMSF "The International Commission on Microbiological Specification of Foods" (eds.) 1980a. Microbial Ecology of Foods. Vol I : Factors Affecting Life and Death of Microorganisms. Academic Press, Inc., New York.
- ICMSF "The International Commission on Microbiological Specification of Foods" (eds.) 1980b. Microbial Ecology of Foods. Vol II : Food Commodities . Academic Press, Inc., New York.
- Karel, M.; O. R. Fennema; and D. B. Lund. 1975. Principles of Food Science. Part II: Physical Principles of Food Preservation. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Kreig, N. R. ; and J. G. Holt (eds.). 1984. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 1. Williams and Wilkins Company, Baltimore.
- Mandelstam, J.; K. McQuillen; and I. Dawes (eds.). 1982. Biochemistry of Bacterial Growth. Halsted Press (a division of John Wiley & Sons Inc.), New York.
- Mossel, D. A. A. 1977. Microbiology of Foods: Occurrence, Prevention and Monitoring of Hazards and Deterioration. The University of Utrecht, Utrecht.
- Potter, N. N.; and J. H. Hotchkiss. 1995. Food Science. Fifth edition. Chapman & Hall, New York.
- Smith, B. L. 1990. Codex Alimentarius, Abridged Version (1989). Joint FAO / WHO Food Standard Programme, Codex Alimentarius Commission, Rome.
- Sneath, P. H. A.; N. S. Mair; M. E. Sharpe; and J. G. Holt (eds.). 1986. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 2. Williams and Wilkins Company, Baltimore.
- Stanley, J. T.; M. B. Bryant; N. Pfennig, and J. G. Holt (eds.). 1989. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 3. Williams and Wilkins Company, Baltimore.
- Williams , S. T. ; M. E. Sharpe ; and J. G. Holt (eds.). 1989. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology . Vol 4. Williams and Wilkins Company, Baltimore.

هذا الكتيب

هو جزء من كتاب :

تقنية (تكنولوجيا) الأغذية

Food Technology

الذى شارك فى تأليفه نخبة من أساتذة علوم وتكنولوجيا الأغذية بالجامعات المصرية ويشتمل الكتاب على ٢٤ موضوعاً مختلفاً ويقع فى ٣٠٠٠ صفحة وسيصدر بمشيئة الله فى مجلدين بعد نشر السلسلة كاملة وقد قام بالتحريز العلمى لأبواب الكتاب السادة :

أ. د. محمد حسيب رجب أ. د. عصمت صابر الزلافي

أ. د. تيسير محمود أبو بكر أ. د. عمرو عبد الرحمن الشا

أ. د. محمد محمود يوسف أ. د. محمد مدحت موسى

قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

الشاطبي - الإسكندرية

جمهورية مصر العربية

الناشر

مكتبة المعارف الحديثة

٢٣ شارع تاج الرؤساء - بابا باشا - الإسكندرية

جمهورية مصر العربية هاتف رقم : ٥٨٢٦٩٠٢ - ٥٤٤٥٥٥١